

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

**Návrh řešení představce jízdního kola
s měnitelnou geometrií**
Draft Design of a Bicycle Stem with Variable
Geometry

Student:

Bc. Michal Válek

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Květoslav Kaláb, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Válek**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Návrh řešení představce jízdního kola s měnitelnou geometrií**
Draft Design of a Bicycle Stem with Variable Geometry
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhněte představce jízdního kola spojující řídítka s krkem vidlice, u kterého je možné měnit jeho délku a sklon během jízdy. Minimální délka představce je 60 mm, maximální délka představce je 100 mm, uchycení pro krk vidlice je 1 1/8" Ahead, průměr řídítek je 31,8 mm. Navrhněte mechanismus vracející se do jedné z pozic pomocí pružiny. Zajištění v obou polohách musí být bezpečné. Vypracujte sestavný výkres představce a výrobní výkresy vybraných součástí. Zadavatelem diplomové práce je firma Winston Knox.

Seznam doporučené odborné literatury:

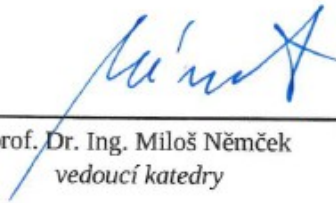
BOLEK, A., KOCHMAN, J. a kol. *Části strojů I,II*. Praha: SNTL, 1989. 776s. ISBN 80-03-0046-7.
MORAVEC, V., HAVLÍK, J. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 72 s. ISBN 978-80-248-0878-9.
NĚMČEK, M. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. vydání. Skripta. Ostrava: VŠB-TUO. 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
NĚMEC, J., DVOŘÁK, J., HÖSCHL, C. *Pružnost a pevnost ve strojírenství*. Praha: SNTL, 1989. 599s. ISBN 80-03-00193-5.
ROBERT C. JUVINALL, KURT M. MARSHEK. *Fundamentals of machine component design*. Second Edition. 1991. John Wiley & Sons.
SHIGLEY, J., E., MISCHKE CH., R., BUDYNAS R., G. *Konstruování strojních součástí*. Brno: VUTUM, 2010. 1186 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Květoslav Kaláb, Ph.D.**


Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry





doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne

21.5.2018



.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- Jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucí práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne

21.5.2018



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Michal Válek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Na Orátě 426, 783 61, Hlubočky

Anotace diplomové práce

VÁLEK, M. *Návrh řešení představce jízdního kola s měnitelnou geometrií: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2018, 56 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Květoslav Kaláb, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá návrhem představce jízdního kola s měnitelnou geometrií. V úvodu práce se zabývám popisem představce, jeho specifikace a rozdělení. V další části se věnuji vlastnímu návrhu a konstrukčními výpočty jednotlivých součástí. Výsledkem diplomové práce je konstrukční návrh představce s měnitelnou geometrií včetně vybrané výkresové dokumentace.

Annotation of Master thesis

VÁLEK, M. *Draft design of a Bicycle Stem with Variable Geometry: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2018, 56 p. Thesis head: doc. Ing. Květoslav Kaláb, Ph.D.

The Master Thesis deals with the problem of draft design of a bicycle stem with variable geometry. In the introduction of thesis I deal with description of stem their specification and variations. I deal with my own design and construction calculation of the individual parts in the next section. The result of master thesis is draft design of a bicycle stem with variable geometry including draw documentation.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	18
1 Úvod.....	11
1.1 Zadání diplomové práce.....	11
2 Představce	12
2.1 Specifikace představce.....	12
2.2 Rozdělení představiců	13
2.2.1 Závítové (trnové) představce	14
2.2.2 Bezzávítové.....	14
2.2.3 Speciální představce.....	16
3 Ergonomie.....	18
4 Návrh představce s měnitelnou geometrií.....	20
4.1 Působení síly cyklisty	22
4.2 Rozložení sil podle geometrie představce.....	23
4.3 Výpočet reakcí	24
4.4 Výpočet čepů	29
4.5 Výpočet ramen na ohyb	33
4.6 Návrh a výpočet tažné pružiny	36
5 Tělo krku představce.....	39
5.1 Výpočet svěrného spoje	39
5.2 Výpočet a kontrola šroubu	41
5.3 Výpočet svaru	43
6 Uchycení řídítek.....	45
6.1 Výpočet a kontrola šroubů	46
7 Zajištění polohy	49
7.1 Princip aretačního mechanismu	51

8	Závěr	52
	Seznam literatury a dalších zdrojů	2
	Seznam příloh	4

Seznam použitých značek a symbolů

Značka:	Popis:	Jednotka:
$c_{PŘ}$	Tuhost příruby	$\text{mm} \cdot \text{N}^{-1}$
c_S	Tuhost šroubu	$\text{mm} \cdot \text{N}^{-1}$
d_2	Střední průměr závitu šroubu	mm
d_3	Malý průměr závitu šroubu	mm
$d_{č1-4}$	Průměr čepu	mm
d_{red}	Redukovaný průměr trubky	mm
d_T	Průměr uchycení krku vidlice	mm
f	Součinitel tření	[-]
f_z	Součinitel smykového tření na závitu	[-]
g	Gravitační zrychlení	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
i	Počet šroubů	ks
k_3	Převodní součinitel pro čelní koutový svar	-
k_4	Převodní součinitel pro boční koutový svar	-
k	Koeficient bezpečnosti	-
k_{pk}	Bezpečnost pružiny v krutu	-
k_{pt}	Bezpečnost pružiny v tahu	-
n'_a	Redukovaný počet činných závitů	-
$p_{č1-4}$	Otlačení čepu	MPa
p_D	Dovolený měrný tlak	MPa
t_s	Tloušťka svaru	mm
q_d	Dynamický koeficient	-
D_f	Průměr řídítek	mm
E_S	Modul pružnosti šroubu	MPa
E_V	Modul pružnosti víka	MPa
F_{max}	Maximální síla působící na kolo	N
F_O	Osová síla šroubu	N
F'_O	Osová síla pro výstředně umístěný šroub	N
F''_O	Síla na přemožení odporu náboje proti pružné deformaci	N
F_{OD}	Svěrná síla držáku připadající na jeden šroub	N
F_f	Síla, která působí na řídítka	N
F_S	Síla ve šroubu	N
F_{VSx}	Síla působící na svislou polohu představce v ose x	N
F_{VSy}	Síla působící na svislou polohu představce v ose y	N

F_{VVx}	Síla působící na vodorovnou polohu představce v ose x	N
F_{VVy}	Síla působící na vodorovnou polohu představce v ose y	N
K_B	Bergsträsseův součinitel	-
L	Délka představce	mm
$L_{\check{c}1-4}$	Velikost čepu	mm
$L_{\check{c}1-4T}$	Šířka patky	mm
$L_{\check{c}1-4P}$	Vzdálenost působení síly ramene a čepu	mm
L_T	Výška těla krku představce	mm
$L_{\check{r}}$	Velikost držáku víka	mm
M_k	Krouticí moment	Nmm
$M_{O\check{c}1-4}$	Ohybový moment čepu 1-4	Nmm
M_{OR1-2}	Ohybový moment ramene 1 a 2	Nmm
N	Svěrná síla	N
P_h	Stoupání závitu	mm
R_e	Mez kluzu	MPa
R_{epk}	Mez kluzu pružiny v krutu	MPa
R_{ept}	Mez kluzu pružiny v tahu	MPa
R_{mp}	Mez pevnosti pružiny	MPa
$S_{P\check{R}}$	Průřez víka	mm ²
W_{OR1-2}	Modul průřezu v ohybu ramene 1 a 2	mm ³
α	Úhel působení síly na představce	°
$\alpha_{\check{s}}$	Úhel profilu	°
β	Součinitel tloušťky koutového svaru	-
σ_{Dt}	Dovolené napětí	MPa
σ_p	Napětí pružiny v tahu	MPa
σ_{red}	Redukované napětí	MPa
σ_t	Napětí šroubu v tahu	MPa
σ_{DR1-2}	Dovolené napětí v ohybu ramene 1 a 2	MPa
σ_{OR1-2}	Napětí v ohybu ramene 1 a 2	MPa
$\tau//$	Smykové napětí svaru	MPa
τ_k	Napětí šroubu v krutu	MPa
τ_p	Napětí pružiny	MPa
$\tau_{\perp T}$	Smykové napětí svaru od tahu	MPa
$\tau_{\perp O}$	Smykové napětí svaru od ohybu	MPa
φ'	Redukovaný třecí úhel	°
ψ	Úhel stoupání závitu	°

1 Úvod

Cílem této diplomové práce je návrh představce jízdního kola spojující řídítka s krkem vidlice, u kterého je možné měnit jeho délku a sklon během jízdy. V první části sestavím rešerši a popíšu různé druhy představců. Jako další vytvořím model a budu postupně popisovat jednotlivé komponenty. V poslední části sestavím výkres sestavy a výrobní výkresy vybrané výkresové dokumentace.

1.1 Zadání diplomové práce

- Minimální délka představce je 60 mm a maximální délka je 100 mm.
- Uchycení pro krk vidlice je 1 1/8 palce Ahead.
- Průměr řídítek je 31,8 mm.
- Návrh mechanismu vracející se do jedné z pozic pomocí pružiny.
- Vypracovat výkres představce a výkresy vybraných součástí.

2 Představce

Představce je součást jízdního kola, který spojuje řídítka a přední vidlici. Pohyb řídítek zajišťuje přenos pohybu předního kola a tím je umožněno zatáčení. Jeho délka a úhel sklonu závisí převážně na typu kola. Vyrábí se z různých materiálů. Konstrukce představce má velký vliv na celkovou délku kola. Na trhu se dá najít mnoho různých variant s různým designem.

2.1 Specifikace představce

Materiál

Nejpoužívanější materiál je hliník a karbon. Velmi zřídka se používá titan a ocel. Karbon má oproti hliníku nízkou hmotnost, vysokou tuhost, ale je dražší než hliník. Titan oproti používaným materiálům vyniká svojí lehkostí a tvrdostí, ale je mnohem dražší.

Rozměry

Představce mají čtyři rozměry, které ovlivňují jízdní vlastnosti. První z nich je úhel sklonu, který je buď pevný, nebo se dá nastavit. Druhý rozměr je jeho délka. Třetí rozměr je průměr řídítek a poslední čtvrtý, je průměr krku vidlice.

Kompatibilita s řídítky

Při výběru představce je nutno dbát na odpovídající průměr řídítek, který souvisí s typem kola. Obrázek 2.1 značí nejpoužívanější průměry řídítek. Představce pro horské kola používají průměr 25,4 mm a 31,8 mm. Představce pro silniční kola používají průměr 26 mm a 31,8 mm.



Obrázek 2.1 Nejpoužívanější průměry řídítek [6]

Kompatibilita krku vidlice

Představec musí být také kompatibilní s průměrem krku přední vidlice. Tento průměr se udává převážně v palcích. Krk vidlice je nejčastěji dimenzován na dva hlavní průměry. Prvním z nich je průměr 1 palec (25,4 mm) a druhý průměr 1 1/8 palce (28,4 mm). Méně používaná vidlice bývá s průměrem 1 1/4 palce.

Sklon představce

Sklonem představce upravujeme výšku řídítek vůči výšce sedla. Rozlišují se tři stupně sklonu podle obrázku 2.2: kladný, neutrální (udává se 0° nebo 90°) a záporný. Závitový představec je převážně vyráběn pod úhlem 73°. Bezzávitový představec je vyráběn v mnoha variantách s různým sklonem. Každá varianta je vhodná pro určitý typ kola a také různé jízdní vlastnosti.



Obrázek 2.2 Různé sklony představce [11]

2.2 Rozdělení představců

Představce se rozdělují do dvou skupin. První ze skupiny je představec závitový, nebo se mu také říká trnový, který se v této době řadí do retra, protože jeho uplatnění upadá a je z větší části nahrazen představcem bezzávitovým, který patří do druhé skupiny. Bezzávitový představec je nejrozšířenější a nejvíce používaný. Na trhu je dostupný v mnoha variantách. Liší se designem, sklonem, délkou a také využitím v cyklistice.

2.2.1 Závítové (trnové) představce

Na obrázku 2.3 je zobrazen závítový představce. Závítový představce je vložen do krku vidlice a je připevněn pomocí dlouhého šroubu, který je vložen v představci po celé jeho délce. Na spodním konci dlouhého šroubu je matice, která má kónický tvar, nebo tvar seříznutého kužele. Pomocí dotahování dlouhého šroubu se matice rozpíná a tím se dotáhne.



Obrázek 2.3 Závítový představce [7]

Výhody: možnost provádět rychlou změnu úpravy výšky řídítek

2.2.2 Bezzávítové

Novější a nejpoužívanější představce. Rozdělují se na klasické a stavitelné. Bezzávítový představce je upevněn na krk vidlice a je zajištěn pomocí šroubů. Skládá se ze dvou částí. Hlavní část je krk a další část je víčko, které je připevněno pomocí šroubů dvou, nebo čtyř šroubů. Tyto představce se vyrábí do délky až 130 mm. Tento typ představce neumožňuje nastavit jeho výšku jako závítový. Vůle hlavového složení se seřizuje pomocí šroubu, který je umístěn v horní části otvoru pro krk vidlice. Šroub je spojen s krkem vidlice pomocí tzv. hvězdičky, která je vtlačena do krku vidlice.

Výhody: Rychlá a jednoduchá výměna

Výměna představce může být provedena jedním šroubovákem nebo bitem.

Možnost otočení představce z kladného úhlu do záporného.

Středění představce může být umožněno bez porušení výšky řídítek.

Klasický představec

Na obrázku 2.4 je zobrazen klasický představec. Pevné spojení řídítek a vidlice. Nejjednodušší a nejpoužívanější představec. Prodávají se v různých délkách a úhlech sklonu.



Obrázek 2.4 Bezzávitový klasický představec [8]

Stavitelný představec

Na obrázku 2.5 je zobrazen stavitelný představec. Tento představec má stejné upínání vidlice a řídítek jako klasický představec. Jediný rozdíl je, že se dá nastavit sklon, jehož rozmezí závisí na typu představce. Největší sklon, který může být nastaven je od + 40° do - 40°.



Obrázek 2.5 Bezzávitový stavitelný představec [9]

2.2.3 Speciální představce

Existují speciální představce, které tlumí rázy při jízdě.

Odpružený představec

Na obrázku 2.6. je zobrazený odpružený představec od firmy Softride. V představci je zabudovaná pružina, která tlumí rázy při dopadu předním kolem na povrch země. Tento představec není tak rozšířený, jako závitový nebo bezzávitový. Používá se převážně jako náhrada za odpruženou vidlici.



Obrázek 2.6 Odpružený představec [10]

Shockstop

Na obrázku 2.7 je další ze speciálních představců od firmy redshift, který tlumí rázy při dopadu předním kolem na povrch země. Tento představec nemá žádnou ocelovou pružinu pro akumulaci energie při dopadu, ale uvnitř představce je několik elastomerů, které tlumí nárazy.



Obrázek 2.7 Shockstop představec [12]

Na obrázku 2.8 jsou elastomery, které jsou očíslovány podle stupně tvrdosti (Od nejtvrdšího po nejměkčí).



Obrázek 2.8 Elastomery podle stupně tvrdosti [13]

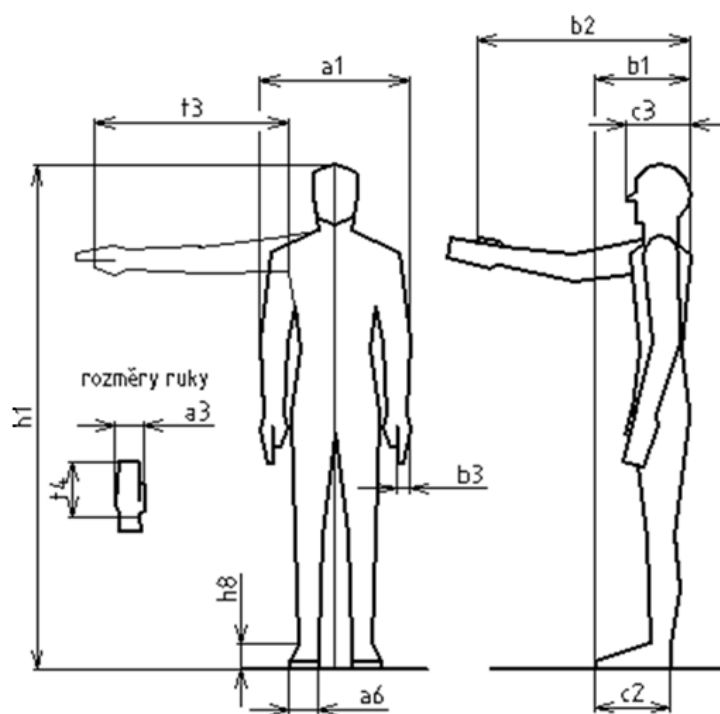
3 Ergonomie

Při konstrukci celého kola, nebo cyklistických komponentů se musí vycházet z ergonomie. Podstatou ergonomie je zajistit řešení, že všechny komponenty jízdního kola budou co nejvhodněji nastaveny a navrženy pro určité spektrum výšky lidské postavy.

Ergonomie je v rámci technické praxe založena podle antropometrických údajů a statistických datech celé populace. Tyto údaje poskytuje norma ČSN EN 547 -3 +A1.[5]. Tato norma obsahuje data z měření určitých rozměrů ze skupin mužů a žen, která jsou zprůměrována a jejich výsledkem měření je percentil. Protože každý člověk je jiný, využívá se percentil pro stanovení určitého průměru lidské populace.

Většina antropometrických údajů je proto často vyjádřena v termínech percentilů. Populace se pro účely studie rozdělí na 100 procentuálních kategorií v seřazení od nejmenší do největší s ohledem na některé specifické druhy měření těla. První percentil u postavy či výšky například udává, že 99 % populačního vzorku, kterým se studie zabývá, má výšky větší. A podobně 95. percentil udává, že pouze 5 % populace studie má výšky větší a 95 % populace studie má výšky stejné nebo menší. Percentily udávají počet procent osob v rámci populace (populačního vzorku), které mají tělesné rozměry určité velikosti (nebo menší). [14]

Na obrázku 3.1 je ilustrace postavy pro tělesné parametry, které jsou sloučené z populace mužů a žen. V tabulce 3.1 je úryvek rozměrů lidské postavy podle obrázku 3.1, které se určuje podle percentilu.



Obrázek 3.1 Tělesné parametry [5].

Tabulka 3.1 – Úryvek rozměrů lidské postavy [5].

Označení	Popis	Hodnota (cm)
h1	Tělesná výška P95	188,1
	Tělesná výška P99	194,4
b2	Dosah úchopu dopředu P5	61,5
	Dosah úchopu dopředu P95	82,5
	Dosah úchopu dopředu P99	84,5

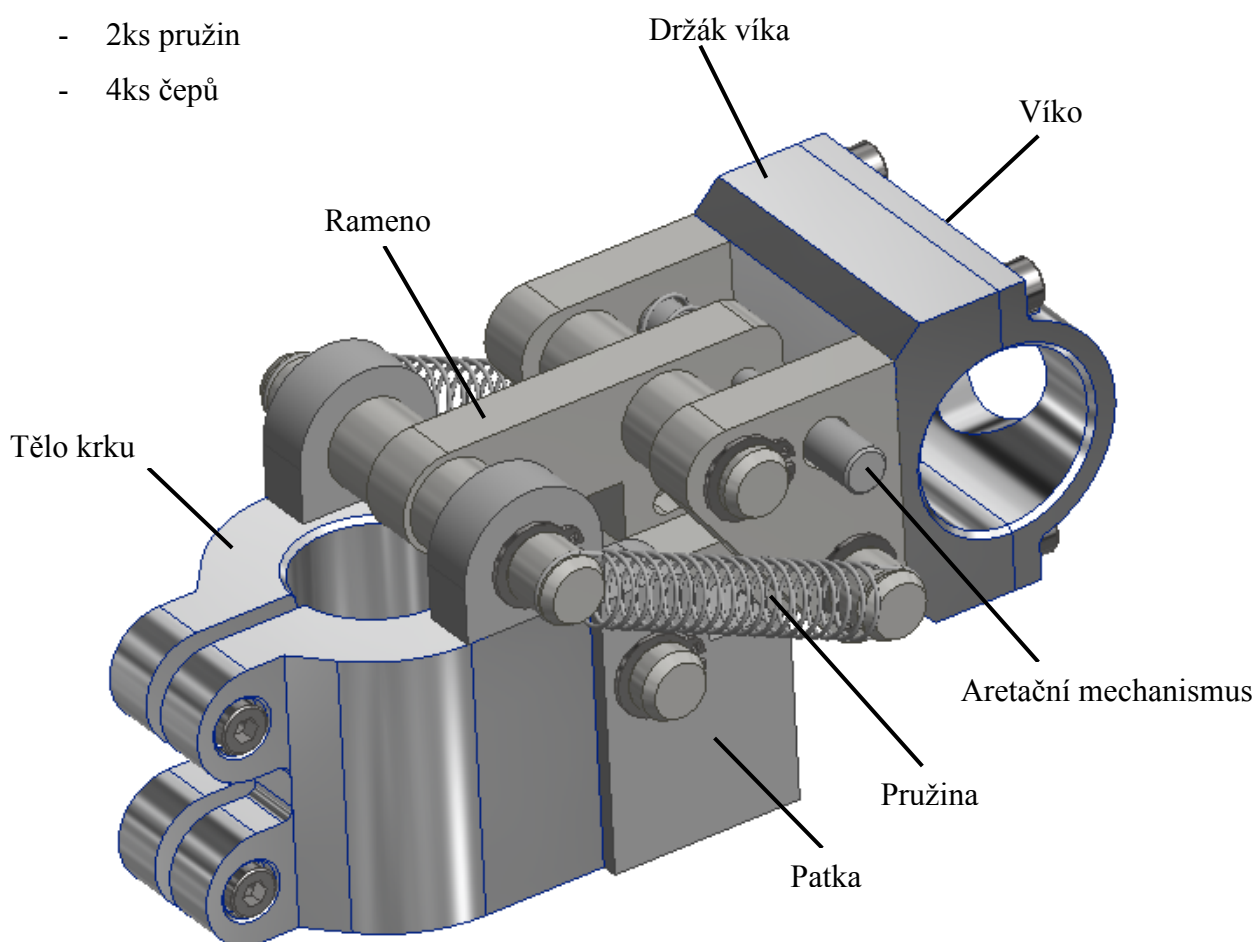
Výška lidské postavy a jeho délka končetin určuje správné nastavení polohy sedla a řídítek. Na to má velký vliv velikost rámu kola, který je dimenzován podle velikosti postavy. Pokud si vysoký člověk koupí malý rám, bude se kolena mlátit o řídítka. Pokud si malý člověk koupí velký rám, nedosáhne nohou na zem.

Další vliv pro správnou ergonomickou polohu při jízdě na kole má představec. Na obrázku 3.2 je cyklista, který sedí na čtyř různých kolech, jehož délka a sklon představce značně určují, v jakém sklonu cyklista bude. Toto určení je hodně individuální a závisí na každém člověku, jak se mu nejlépe sedí a opírá o řídítka.

4 Návrh představce s měnitelnou geometrií

Mým úkolem bylo navrhnout představce jízdního kola, u kterého bude možné měnit jeho délku a sklon během jízdy. Na obrázku 4.1 je znázorněn navržený model představce, který byl vymodelován v programu Inventor 2018. Konstrukce modelu se skládá z těchto hlavních částí:

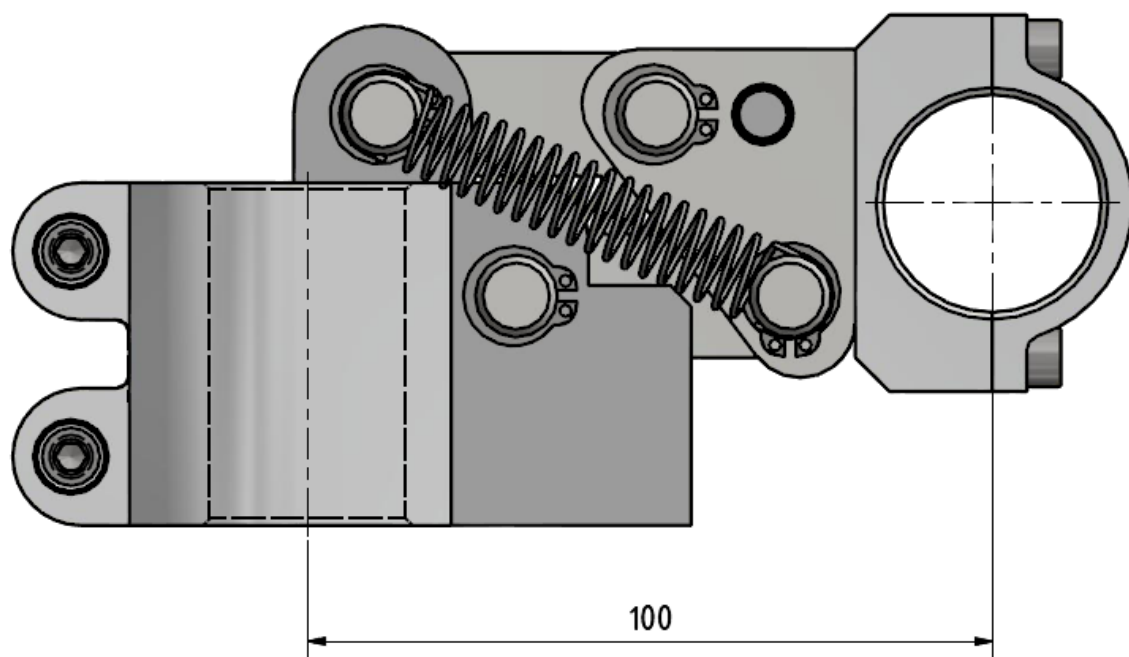
- Tělo krku představce
- Aretační mechanismus
- Uchycení řídítek (Víko a držák víka)
- Tři ramena
- 6ks Patek
- 2ks pružin
- 4ks čepů



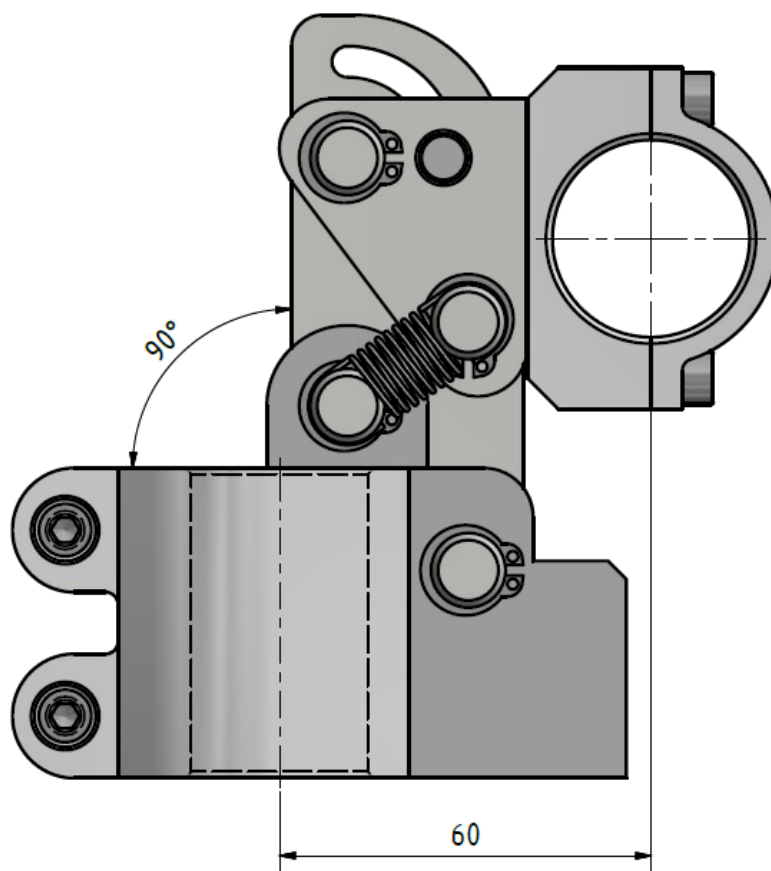
Obrázek 4.1 Model představce s měnitelnou geometrií

Principem představce, který mění sklon během jízdy, tím se změní i jeho celková délka má velký vliv na jízdní vlastnosti. Většina jízdních vlastností je popsána v kapitole 2, kde jsou zahrnuty různé představce a jejich vliv na sklon a délku. Na obrázku 4.2 je model představce, který je ve vodorovné poloze. Jeho sklon je 0°. Jeho délka je 100 mm. Na

obrázku 4.3 je model představce ve svislé poloze, jehož sklon svírá 90° . Jeho délka je 60 mm.



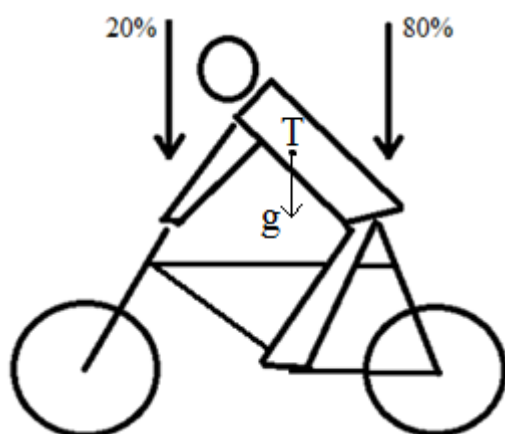
Obrázek 4.2 Model představce ve vodorovné poloze



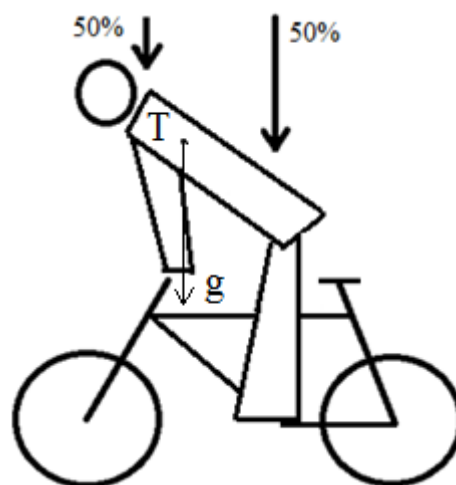
Obrázek 4.3 Model představce ve svislé poloze

4.1 Působení síly cyklisty

Pro výpočet budu uvažovat dospělého člověka s maximální hmotností $m_c = 120$ kg. Na obrázku č. 4.4 a 4.5 je vyznačeno působení váhy cyklisty na kolo. Působení váhy cyklisty je rozděleno do dvou složek. Jedna ze složek je, jakou hmotností působí cyklista na řídítka. Druhá je zbytek své váhy, která působí na ostatní komponenty kola. Cyklista na obrázku 4.4 jede v klidu v sedě. Jeho největší hmotnost působí na sedlo, které je 80% ze své celkové váhy, zbylých 20% působí na řídítka. Cyklista na obrázku 4.5 jede ve stoje. Jeho váha působí z 50% na šlapátka a z 50% na řídítka



Obrázek 4.4 Cyklista v sedě



Obrázek 4.5 Cyklista ve stoje

Výpočet zatížení řídítek

Nejprve se vypočítá maximální síla, která působí na kolo. Maximální síla je dána podle vztahu 4.1. kde je zahrnuta hmotnost cyklisty a gravitační zrychlení.

$$F_{\max} = m_c \cdot g = 120 \cdot 9,81 = 1177 \text{ N} \quad (4.1)$$

Podle obrázků 4.4 a 4.5 je zřejmé, že největší zatížení působí na řídítka z 50%. Protože se jedná o velmi choulostivou součást a jeho selhání by mohlo mít špatné následky, je přidán do výpočtu (4.2) po konzultaci s vedoucím práce dynamický koeficient $q_d = 2,5$ [-].

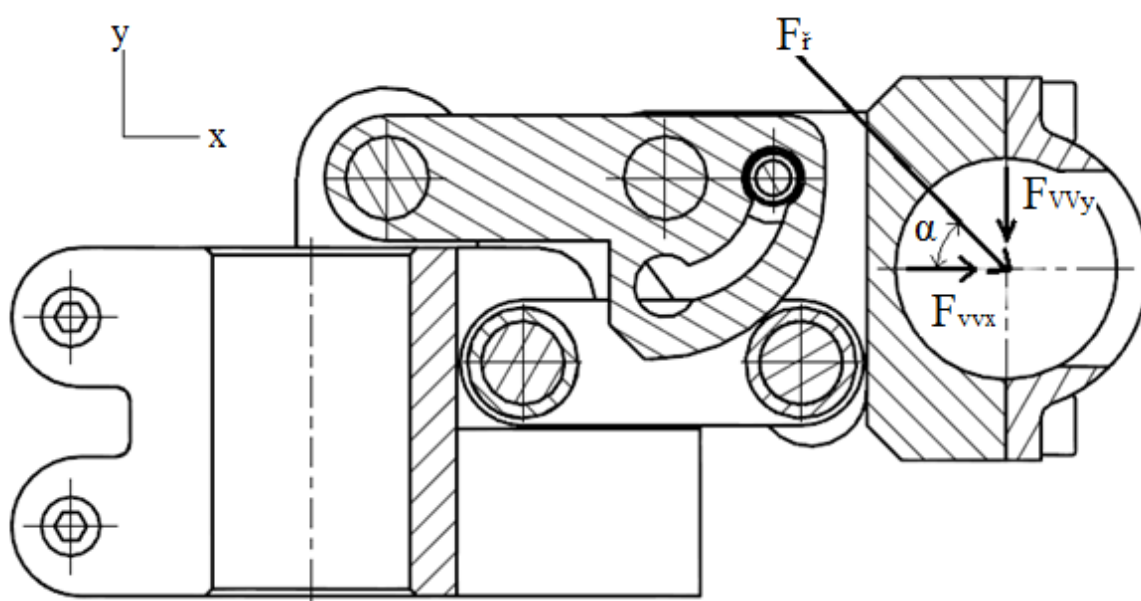
$$F_r = F_{\max} \cdot 0,5 \cdot q_d = 1177 \cdot 0,5 \cdot 2,5 = 1471 \text{ N} \quad (4.2)$$

4.2 Rozložení sil podle geometrie představce

Rozložení sil se bude počítat ve dvou polohách. První poloha bude vodorovná. Představec ve vodorovné poloze svírá nulový úhel a je rozložen na maximální možnou délku. Druhá poloha je svislá. Při svislé poloze svírá představec 90° a je rozložen na minimální možnou délku.

Představec ve vodorovné poloze

Úhel působení síly na představec jsem měřil na vlastním horském kole, jehož délka představce je 100 mm. Při měření vyšla přibližná hodnota $\alpha = 60^\circ$. Ovšem tato hodnota je orientační, protože tento faktor je závislý na velikosti člověka, jeho délky ruk a na mnoha dalších faktorech, které jsou rozebrány v kapitole 3.



Obrázek 4.6 Vodorovná poloha představce v řezu

Výpočet sil představce ve vodorovné poloze

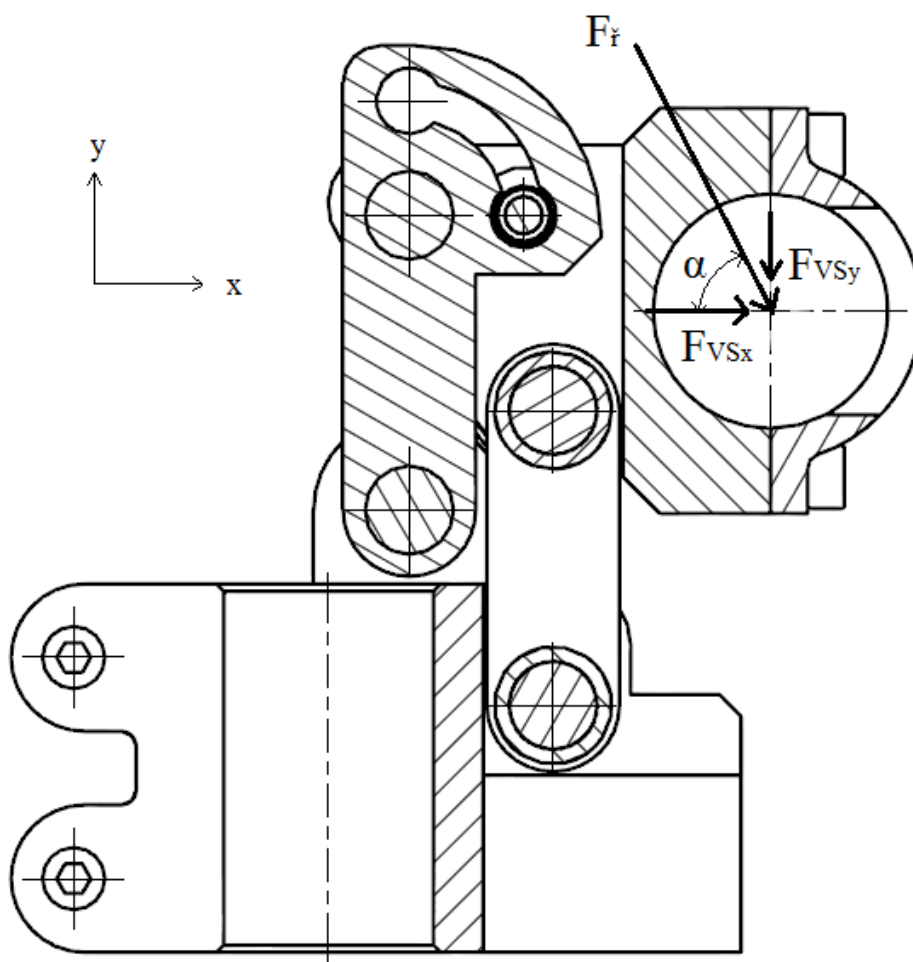
Výpočet je proveden podle obrázku 4.6

$$F_{vx} = F_r \cdot \cos \alpha = 1471 \cdot \cos 60^\circ = 736 \text{ N} \quad (4.3)$$

$$F_{vy} = F_r \cdot \sin \alpha = 1471 \cdot \sin 60^\circ = 1274 \text{ N} \quad (4.4)$$

Představec ve svislé poloze

Úhel působení síly na představec při svislé poloze bylo pro mě nemožné změřit. Tento úhel odhaduje přibližně $\alpha = 80^\circ$.



Obrázek 4.7 Svislá poloha představce

Výpočet sil představce ve svislé poloze

Výpočet je proveden podle obrázku 4.7

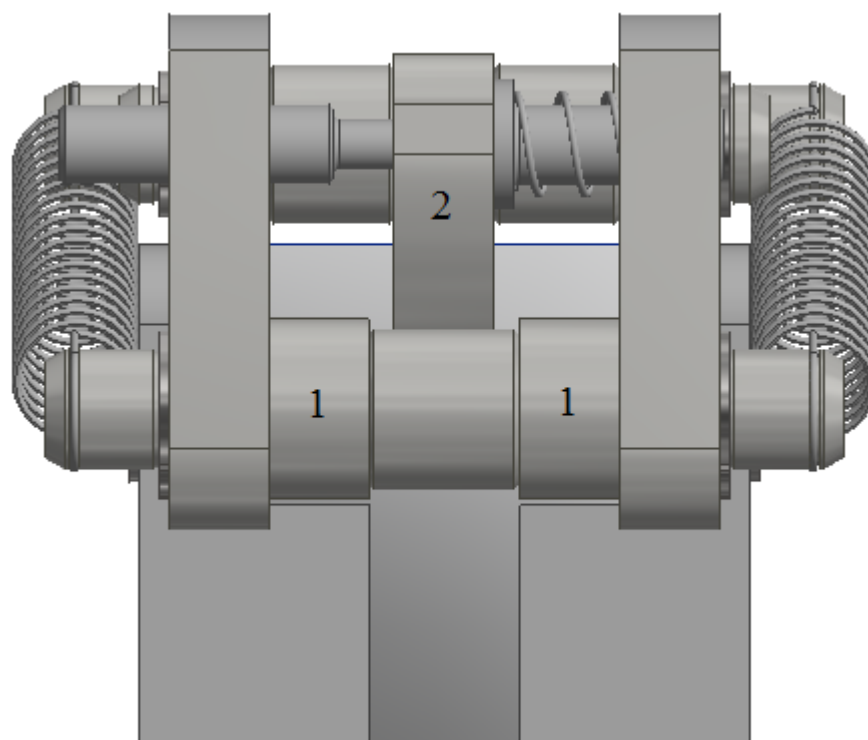
$$F_{vsx} = F_f \cdot \cos \alpha = 1471 \cdot \cos 80^\circ = 255 \text{ N} \quad (4.5)$$

$$F_{vsy} = F_f \cdot \sin \alpha = 1471 \cdot \sin 80^\circ = 1449 \text{ N} \quad (4.6)$$

Podle výpočtů působí největší síla v ose x $F_{vVx} = 736 \text{ N}$ ze vzorce (4.3), když je představec ve vodorovné poloze. V ose y působí největší síla $F_{vsy} = 1449 \text{ N}$ podle vzorce (4.6), když je představec ve svislé poloze.

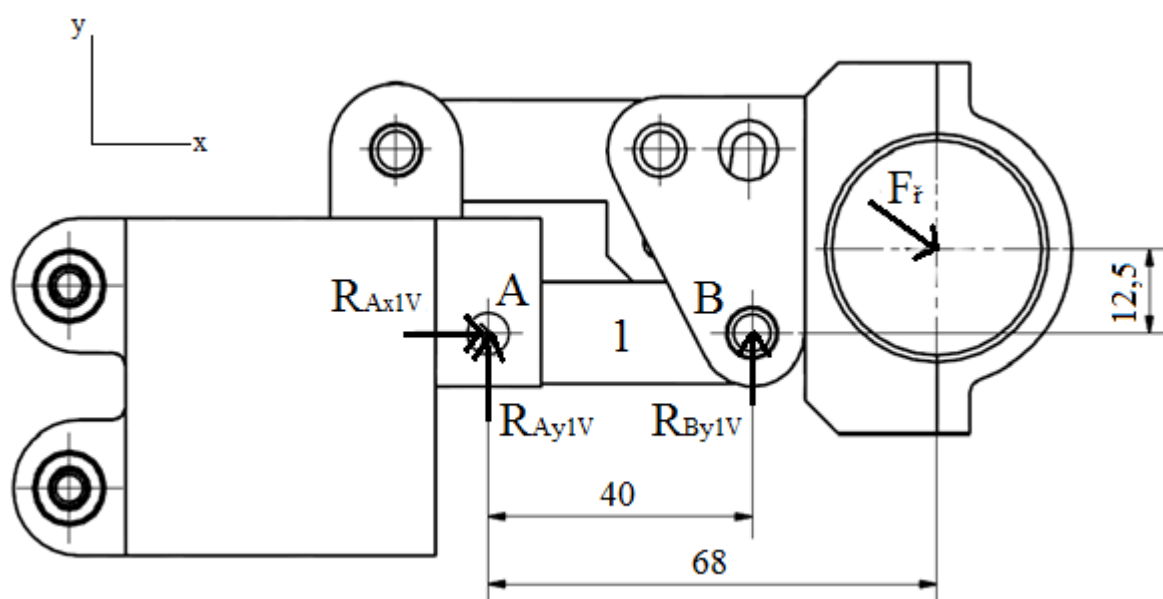
4.3 Výpočet reakcí

Představec se skládá ze tří ramen, která jsou označena číslicí znázorněné na obrázku 4.8. Spodní dvě ramena jsou totožná a jsou označena číslem 1. Horní rameno je označeno číslem 2. Protože se jedná o komplikovaný model, je převeden do jednoduššího rozkreslení.



Obrázek 4.8 Očíslovaná ramena

Rameno 1



Obrázek 4.9 Reakce v rameni 1 ve vodorovné poloze

Výpočet reakcí ramene 1 ve vodorovné poloze podle obrázku 4.9

Pro výpočet byly použity vzorce pro výpočet sil (4.3) a (4.4) z kapitoly 4.2.

$$\sum F_{x1V} = 0 \quad R_{Ax1V} + F_f \cdot \cos \alpha = 0 \quad (4.7)$$

$$R_{Ax1V} = -F_f \cdot \cos \alpha = -736 \text{ N}$$

$$\sum F_{y1V} = 0 \quad R_{Ay1V} + R_{By1V} - F_{\tilde{r}} \cdot \sin \alpha = 0 \quad (4.8)$$

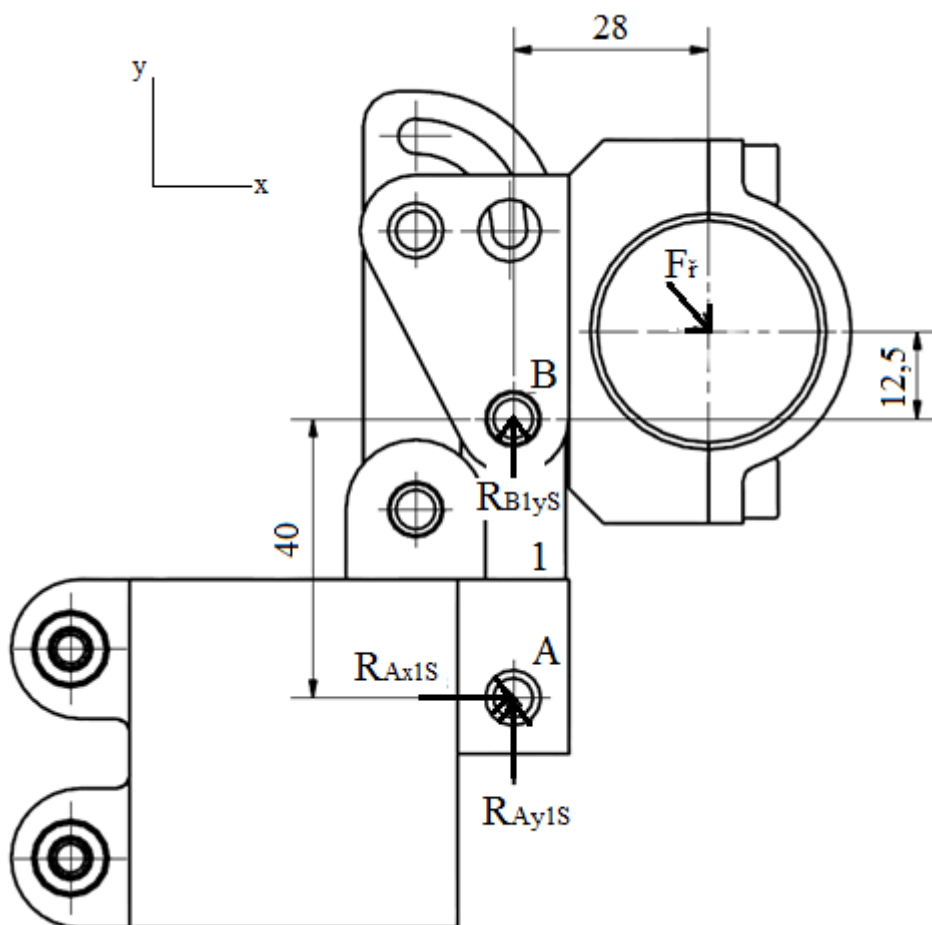
$$R_{Ay1V} = F_{\tilde{r}} \cdot \sin \alpha - R_{By1V} = 1274 - 2396 = -1122 \text{ N}$$

$$\sum M_{AV} = 0 \quad R_{By1V} \cdot 40 - F_{\tilde{r}} \cdot \sin \alpha \cdot 68 - F_{\tilde{r}} \cdot \cos \alpha \cdot 12,5 = 0 \quad (4.9)$$

$$R_{By1V} = \frac{1274 \cdot (40 + 28) + 736 \cdot 12,5}{40} = 2396 \text{ N}$$

Výsledná vodorovná reakce v bodě A

$$F_{1V} = \sqrt{R_{Ax1V}^2 + R_{Ay1V}^2} = \sqrt{(-736)^2 + (-1122)^2} = 1342 \text{ N} \quad (4.10)$$



Obrázek 4.10 Reakce v rameni 1 ve svislé poloze

Výpočet reakcí ramenu 1 ve svislé poloze podle obrázku 4.10

Pro výpočet byly použity vzorce pro výpočet sil (4.5) a (4.6) z kapitoly 4.2.

$$\sum F_{x1S} = 0 \quad R_{Ax1S} + F_{\tilde{r}} \cdot \cos \alpha = 0 \quad (4.11)$$

$$R_{Ax1S} = -F_{\tilde{r}} \cdot \cos \alpha = -255 \text{ N}$$

$$\sum F_{y1S} = 0 \quad R_{Ay1S} + R_{By1S} - F_{\tilde{r}} \cdot \sin \alpha = 0 \quad (4.12)$$

$$R_{Ay1S} = F_{\tilde{r}} \cdot \sin \alpha - R_{By1S} = 1449 - (-1926) = 3375 \text{ N}$$

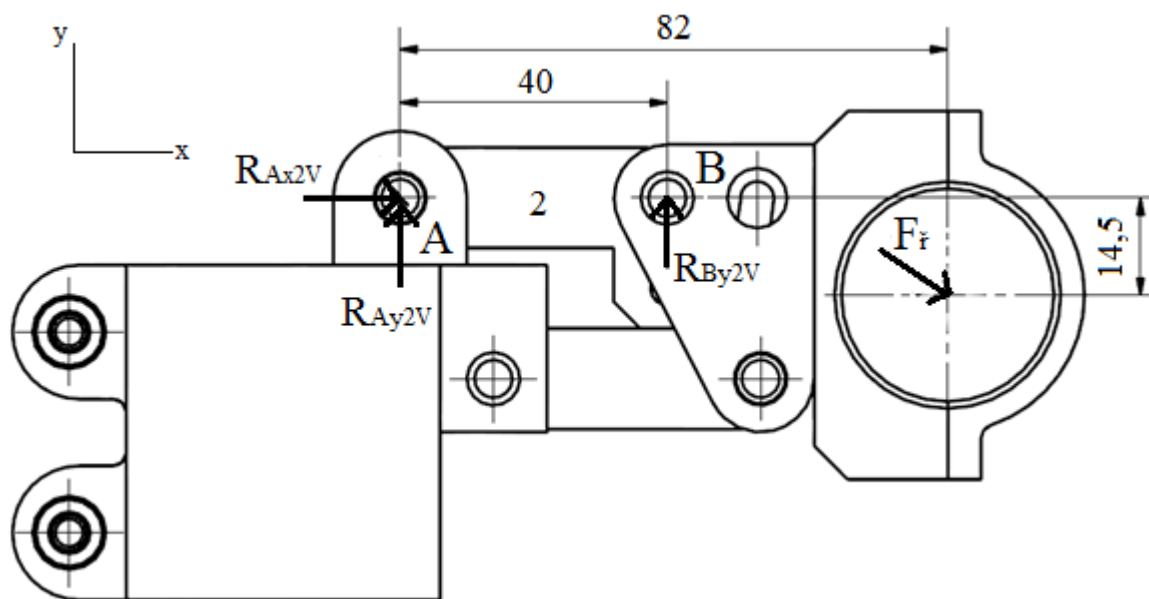
$$\sum M_{A1S} = 0 \quad -R_{By1S} \cdot 28 - F_{\tilde{r}} \cdot \sin \alpha \cdot 28 - F_{\tilde{r}} \cdot \cos \alpha \cdot (40 + 12,5) = 0 \quad (4.13)$$

$$R_{By1S} = \frac{-1449 \cdot 28 - 255 \cdot (40 + 12,5)}{28} = -1927 \text{ N}$$

Výsledná svislá reakce v bodě A

$$F_{1S} = \sqrt{R_{Ax1S}^2 + R_{Ay1S}^2} = \sqrt{(-225)^2 + (-3375)^2} = 3382 \text{ N} \quad (4.14)$$

Rameno 2



Obrázek 4.11 Reakce v rameni 2 ve vodorovné poloze

Výpočet reakcí ramene 2 ve vodorovné poloze podle obrázku 4.11

Pro výpočet byly použity vzorce pro výpočet sil (4.3) a (4.4) z kapitoly 4.2.

$$\sum F_{x2V} = 0 \quad R_{Ax2V} + F_{\tilde{r}} \cdot \cos \alpha = 0 \quad (4.15)$$

$$R_{Ax2V} = -F_{\tilde{r}} \cdot \cos \alpha = -736 \text{ N}$$

$$\sum F_{y2V} = 0 \quad R_{Ay2V} + R_{By2V} - F_{\tilde{r}} \cdot \sin \alpha = 0 \quad (4.16)$$

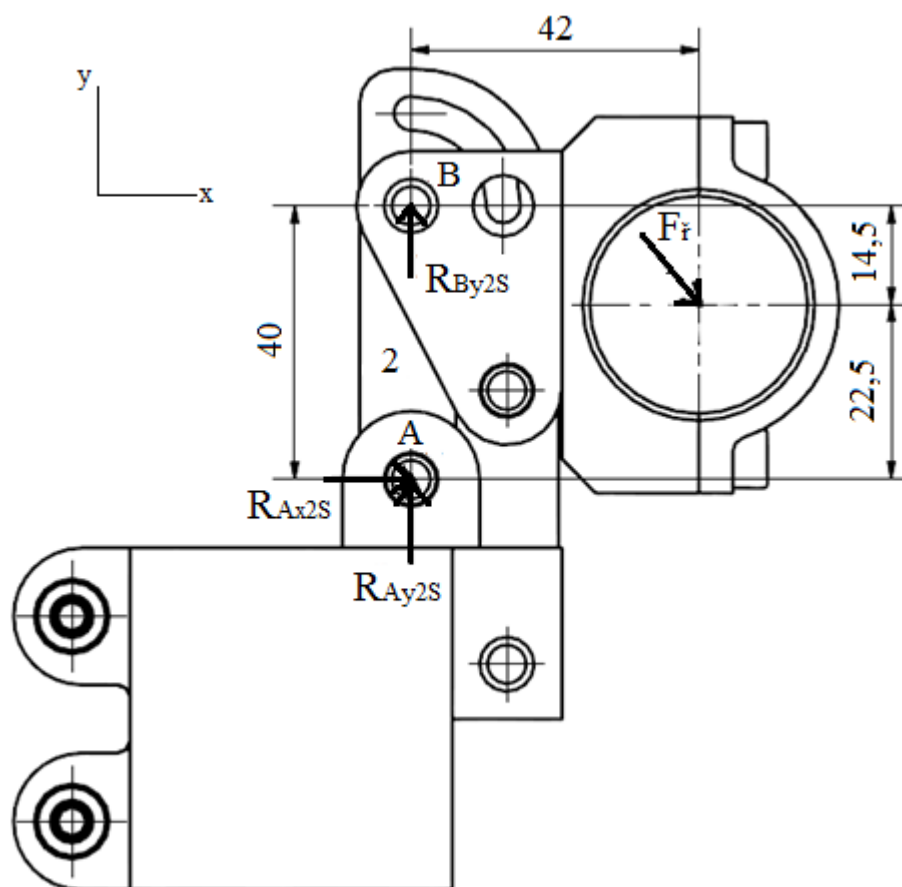
$$R_{Ay2V} = F_{\tilde{r}} \cdot \sin \alpha - R_{By2V} = 1274 - 2345 = -1071 \text{ N}$$

$$\sum M_{A2V} = 0 \quad R_{By2V} \cdot 40 - F_{\tilde{r}} \cdot \sin \alpha \cdot 82 + F_{\tilde{r}} \cdot \cos \alpha \cdot 14,5 = 0 \quad (4.17)$$

$$R_{By2V} = \frac{1274 \cdot 82 - 736 \cdot 14,5}{40} = 2345 \text{ N}$$

Výsledná vodorovná reakce v bodě A

$$F_{2V} = \sqrt{R_{Ax2V}^2 + R_{Ay2V}^2} = \sqrt{(-736)^2 + (-1071)^2} = 1300 \text{ N} \quad (4.18)$$



Obrázek 4.12 Reakce v rameni 2 ve svislé poloze

Výpočet reakcí ramene 2 ve svislé poloze podle obrázku 4.12

Pro výpočet byly použity vzorce pro výpočet sil (4.5) a (4.6) z kapitoly 4.2.

$$\sum F_{x1S} = 0 \quad R_{Ax2S} + F_f \cdot \cos \alpha = 0 \quad (4.19)$$

$$R_{Ax2S} = -F_f \cdot \cos \alpha = -255 \text{ N}$$

$$\sum F_{y2S} = 0 \quad R_{Ay2S} + R_{By2S} - F_f \cdot \sin \alpha = 0$$

$$R_{Ay2S} = F_f \cdot \sin \alpha - R_{By2S} = 1449 - (-1570) = 3019 \text{ N} \quad (4.20)$$

$$\sum M_{A2S} = 0 \quad -R_{By2S} \cdot 42 - F_f \cdot \sin \alpha \cdot 42 - F_f \cdot \cos \alpha \cdot 22,5 = 0$$

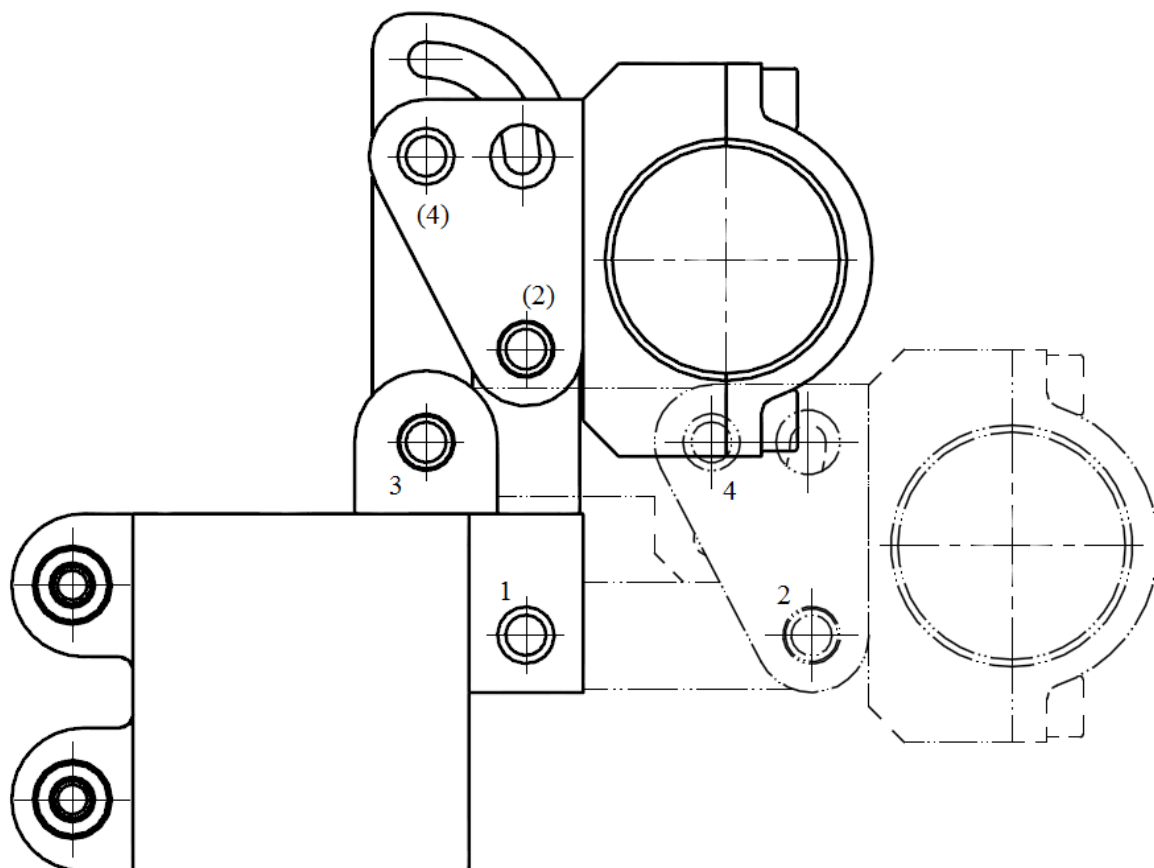
$$R_{By2S} = \frac{-1449 \cdot 42 - 255 \cdot 22,5}{42} = -1586 \text{ N} \quad (4.21)$$

Výsledná svislá reakce v bodě A

$$F_{2S} = \sqrt{R_{Ax2S}^2 + R_{Ay2S}^2} = \sqrt{(-225)^2 + (-3019)^2} = 3027 \text{ N} \quad (4.22)$$

4.4 Výpočet čepů

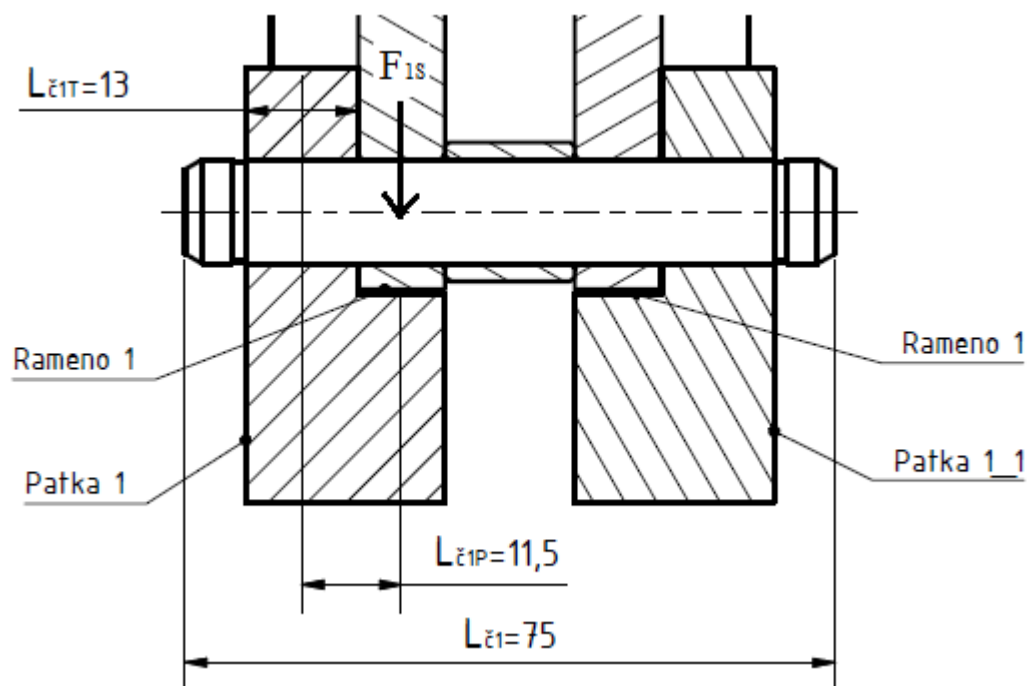
Na obrázku 4.12 je znázorněno umístění jednotlivých čepů. Výpočet bude proveden pro každý čep podle nejvyšších výsledných reakcí z kapitoly 4.3.



Obrázek 4.13 Zobrazení číslování čepů.

Čep 1

Na obrázku 4.14 je znázorněný čep 1. Čep 1 je z materiálu 14 220.4, který má mez kluzu $R_e=590$ MPa. [1]. Rozměr $L_{\epsilon 1T}$ je šířka patky. Rozměr $L_{\epsilon 1P}$ je vzdálenost od místa působení síly F_{1S} . Rozměr $L_{\epsilon 1}$ je velikost čepu.



Obrázek 4.14 Uložení čepu 1

Ohybový moment čepu 1

$$M_{OČ1} = F_{1s} \cdot L_{\epsilon 1P} = 3382 \cdot 11,5 = 33\,893 \text{ Nmm} \quad (4.23)$$

Předběžný výpočet průměru čepu 1

$$d'_{Č1} = \sqrt[3]{\frac{M_{OČ1} \cdot 32 \cdot k_s}{\pi \cdot R_e}} = \sqrt[3]{\frac{33893 \cdot 32 \cdot 2}{\pi \cdot 590}} = 11 \text{ mm} \quad (4.24)$$

Volím průměr čepu $d_{Č1} = 12 \text{ mm}$

Kontrola čepu 1 na otláčení

Dovolený měrný tlak s ohledem na relativní pohyb $p_D = 40 \text{ MPa}$

$$p \leq p_D$$

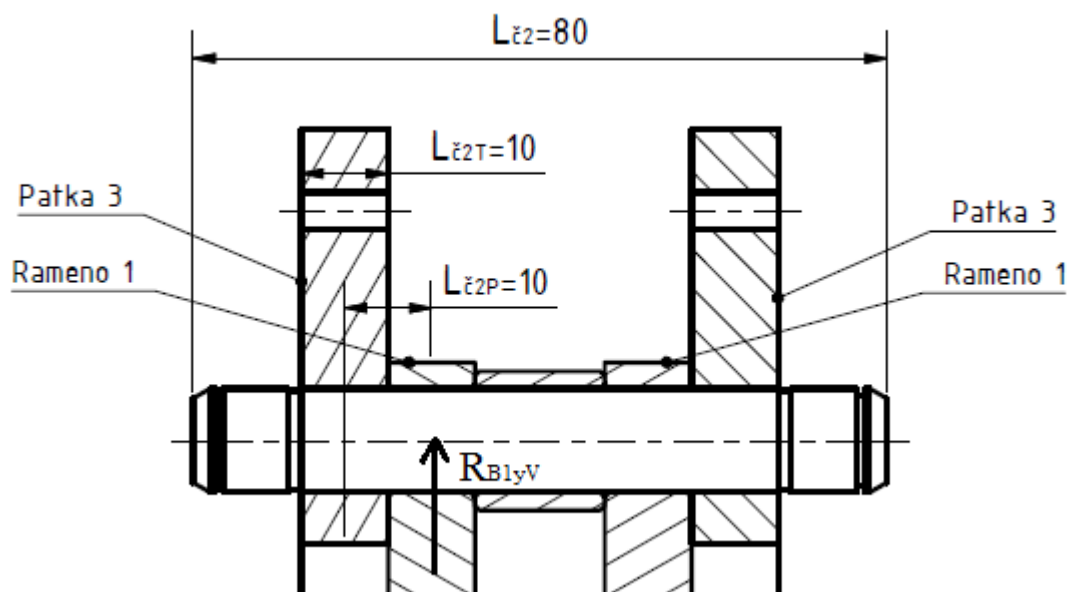
$$p_{Č1} = \frac{F}{S} = \frac{F_{1s}}{d_{Č1} \cdot L_{\epsilon 1T}} = \frac{3382}{12 \cdot 13} = 22 \text{ MPa} \quad (4.25)$$

$$11 \leq 40$$

Kontrola na otláčení **vyhovuje**

Čep 2

Na obrázku 4.15 je znázorněný čep 2. Čep 2 je z materiálu 14 220.4, který má mez kluzu $R_e = 590 \text{ MPa}$. [1]. Rozměr $L_{\epsilon 2T}$ je šířka patky. Rozměr $L_{\epsilon 1P}$ je vzdálenost od místa působení síly R_{B1yV} . Rozměr $L_{\epsilon 2}$ je velikost čepu.



Obrázek 4.15 Uložení čepu 2

Ohybový moment čepu 2

$$M_{OČ2} = R_{By1V} \cdot L_{č2P} = 2396 \cdot 10 = 23\,960 \text{ Nmm} \quad (4.26)$$

Předběžný výpočet průměru čepu 2

$$d'_{č2} = \sqrt[3]{\frac{M_{OČ2} \cdot 32 \cdot k_s}{\pi \cdot R_e}} = \sqrt[3]{\frac{23960 \cdot 32 \cdot 2}{\pi \cdot 590}} = 9,4 \text{ mm} \quad (4.27)$$

Volím průměr čepu 2 $d_{č2} = 12 \text{ mm}$

Výpočet čepu 2 na otláčení

Dovolený měrný tlak s ohledem na relativní pohyb $p_D = 40 \text{ MPa}$

$$p \leq p_D$$

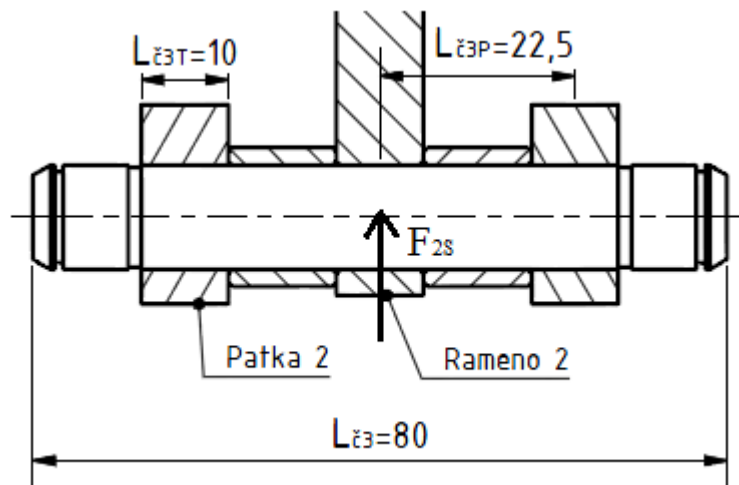
$$p_{č2} = \frac{F}{S} = \frac{R_{By1V}}{d_{č2} \cdot L_{č2T}} = \frac{2396}{12 \cdot 10} = 20 \text{ MPa} \quad (4.28)$$

$$10 \leq 40$$

Kontrola na otláčení **vyhovuje**

Čep 3

Na obrázku 4.16 je znázorněný čep 3. Čep 3 je z materiálu 14 220.4, který má mez kluzu $R_e = 590 \text{ MPa}$. [1]. Rozměr $L_{č3T}$ je šířka patky. Rozměr $L_{č3P}$ je vzdálenost od místa působení síly F_{2S} . Rozměr $L_{č3}$ je velikost čepu.



Obrázek 4.16 Uložení čepu 3

Ohybový moment čepu 3

$$M_{oc3} = \frac{F_{2s}}{2} \cdot L_{č3P} = \frac{3027}{2} \cdot 22,5 = 34\,054 \text{ Nmm} \quad (4.29)$$

Předběžný výpočet průměru čepu 3

$$d'_{č3} = \sqrt[3]{\frac{M_{oc3} \cdot 32 \cdot k_s}{\pi \cdot R_e}} = \sqrt[3]{\frac{34054 \cdot 32 \cdot 2}{\pi \cdot 590}} = 10,5 \text{ mm} \quad (4.30)$$

Volím průměr čepu 3 $d_{č3} = 12 \text{ mm}$

Výpočet čepu 3 na otlačení

Dovolенý měrný tlak s ohledem na relativní pohyb $p_D = 40 \text{ MPa}$

$$p \leq p_D$$

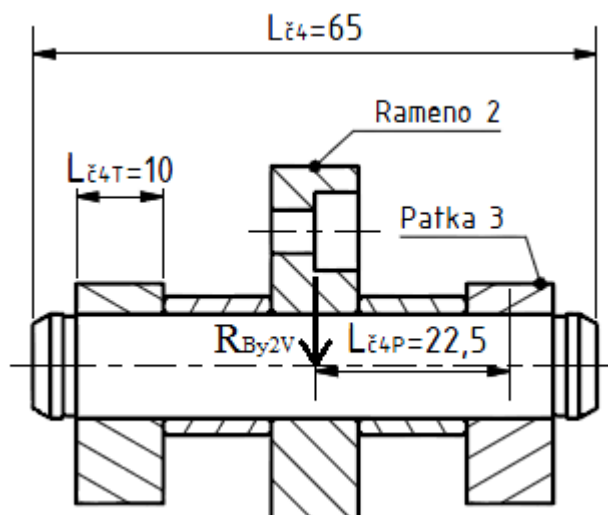
$$p_{č3} = \frac{F}{S} = \frac{F_{2s}}{d_{č3} \cdot 2 \cdot L_{č3T}} = \frac{3027}{12 \cdot 2 \cdot 10} = 11 \text{ MPa} \quad (4.31)$$

$$11 \leq 40$$

Kontrola na otlačení **vyhovuje**

Čep 4

Na obrázku 4.17 je znázorněný čep 4. Čep 4 je z materiálu 14 220.4, který má mez kluzu $R_e = 590 \text{ MPa}$. [1]. Rozměr $L_{č4T}$ je šířka patky. Rozměr $L_{č4P}$ je vzdálenost od místa působení síly R_{By2V} . Rozměr $L_{č4}$ je velikost čepu.



Obrázek 4.17 Uložení čepu 4

Ohybový moment čepu 4

$$M_{Oč4} = \frac{R_{By2V}}{2} \cdot L_{ε4P} = \frac{2345}{2} \cdot 22,5 = 26\,381 \text{ Nmm} \quad (4.32)$$

Předběžný výpočet průměru čepu 4

$$d'_{č4} = \sqrt[3]{\frac{M_{Oč4} \cdot 32 \cdot k_s}{\pi \cdot R_e}} = \sqrt[3]{\frac{26381 \cdot 32 \cdot 2}{\pi \cdot 590}} = 9,7 \text{ mm} \quad (4.33)$$

Volím průměr čepu $d_{č4} = 12 \text{ mm}$

Výpočet čepu 4 na otlačení

Dovolený měrný tlak s ohledem na relativní pohyb $p_D = 40 \text{ MPa}$

$$p \leq p_D$$

$$p_{č4} = \frac{F}{S} = \frac{R_{By2V}}{d_{č4} \cdot 2 \cdot L_{ε1T}} = \frac{2345}{14 \cdot 2 \cdot 10} = 8 \text{ MPa} \quad (4.34)$$

$$8 \leq 40$$

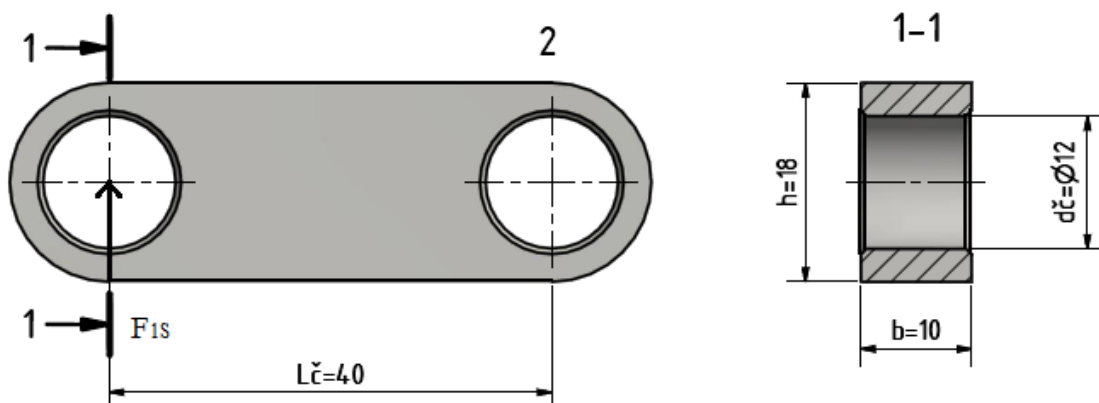
Kontrola na otlačení **vyhovuje**

4.5 Výpočet ramen na ohyb

Rameno 1

Kontrola ramene 1 na ohyb je provedena na nejvíce zeslabené místo, které je zobrazeno pod číslicí 1 a 2 podle obrázku 4.18. V místě pod číslicí 1 je čep 1 a pod číslem

2 je čep 2. Rameno 1 je z oceli 11 600. Pro ocel 11 600 je mez kluzu $R_e = 295 \text{ MPa}$ [1]. Výpočet byl proveden pro největší působení síly v rameni. Jedná se o sílu F_{1s} v místě 1.



Obrázek 4.18 Rameno s příslušnými kótami

Modul průřezu v ohybu

$$W_{OR1} = \frac{b \cdot \left(h - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right)^2}{6} = \frac{10 \cdot \left(18 - \frac{\pi \cdot 12^2}{4} \right)^2}{6} = 15073 \text{ mm}^3 \quad (4.35)$$

Ohybový moment

$$M_{OR1} = F_{1s} \cdot L_{\check{c}} = 3382 \cdot 40 = 135280 \text{ Nmm} \quad (4.36)$$

Kontrola na ohyb

$$\sigma_{OR1} = \frac{M_{OR1}}{W_{OR1}} = \frac{135280}{15073} = 9 \text{ MPa} \quad (4.37)$$

Dovolené napětí

$$\sigma_{DR1} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{295}{2} = 148 \text{ MPa} \quad (4.38)$$

$$\sigma_{OR1} < \sigma_{DR1}$$

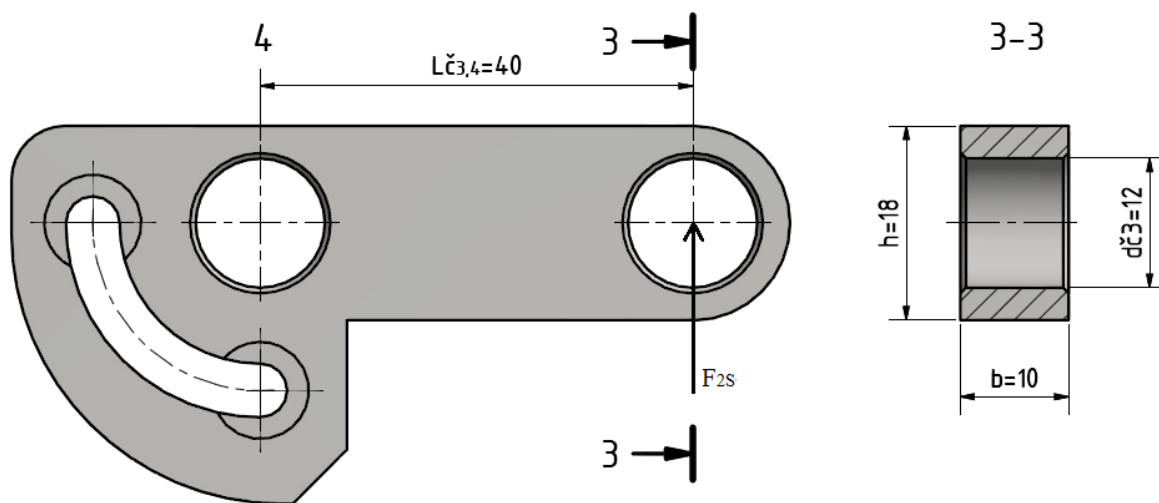
$$9 < 148$$

Kontrola ramene 1 na ohyb **vyhovuje**

Rameno 2

Kontrola ramene 2 na ohyb je provedena na nejvíce zeslabené místo, které je zobrazeno pod číslicí 3 a 4 podle obrázku 4.19. V těchto dvou místech je umístěn čep.

Rameno 2 je z oceli 11 600, které má mez kluzu $R_e = 295 \text{ MPa}$ [1]. Výpočet byl proveden pro největší působení síly v rameni. Jedná se o sílu F_{2S} v místě 3.



Obrázek 4.19 Rameno s příslušnými kótami

Modul průřezu v ohybu

$$W_{OR2} = \frac{b \cdot \left(h - \frac{\pi \cdot d_{\epsilon 3}^2}{4} \right)^2}{6} = \frac{10 \cdot \left(18 - \frac{\pi \cdot 12^2}{4} \right)^2}{6} = 15073 \text{ mm}^3 \quad (4.39)$$

Ohybový moment

$$M_{OR2} = F_{2S} \cdot L_{\check{C}3,4} = 3027 \cdot 40 = 121080 \text{ Nmm} \quad (4.40)$$

Kontrola na ohyb

$$\sigma_{OR2} = \frac{M_{OR2}}{W_{OR2}} = \frac{121080}{15073} = 8 \text{ MPa} \quad (4.41)$$

Dovolené napětí

$$\sigma_{DR2} = \frac{R_e}{k_S} = \frac{295}{2} = 148 \text{ MPa} \quad (4.42)$$

$$\sigma_{OR2} < \sigma_{DR2}$$

$$8 < 148$$

Kontrola ramene 2 na ohyb **vyhovuje**

4.6 Návrh a výpočet tažné pružiny

Tažná pružina je uchycena na čepu 3 a 2, které jsou zobrazeny na obrázku 4.13. Obrázek 4.20 znázorňuje kompletní specifikaci pružiny.

Volná délka	L0= 30.00+-0.80 mm		
Drát pružiny	d=0,70 mm	nerezový EN 10207-3, 1.4310, AISI302	
Poměr vinutí	i= 13.286	Má platit! 4 <= i <= 16	
Počet závitů	n= 20.00 závitů		
Délka oka pružiny	o= 7.650 mm		
>>Venkovní průměr<<	>>Střední průměr<<	>>Vnitřní průměr<<	
D1= 10.000+-0.30 mm	D= 9.300 mm	D2= 8.600+-0.30 mm	
>>Délka<<	>>Síla<<	>>Napětí<<	
L0= 30.00 mm	F0= 1.00 N		
L1= 50.00 mm	F1= 3.56+-0.22 N	Tau1= 269.5 Mpa	
L8= 85.00 mm	F8= 8.03+-0.38 N	Tau8= 608.5 Mpa	
L9= 108.59 mm	F9= 11.04 N	Tau9= 837.0 MPa	
		TauD= 837.0 MPa	
Tuhost pružiny	c= 1.128 N/mm		
Stoupání pružiny	t= 0.70 mm		
Rozvinutá délka	l= 628.2 mm		
Čistá hmotnost	mc= 0.00190 kg	Hmotnost 1000ks= 1.898 kg	
Hrubá hmotnost	mh= 0.00236 kg	Hmotnost 1000ks= 2.356 kg	

Obrázek 4.20 Specifikace pružiny [19]

Pro materiál 1.4310 je modul pružnosti v tahu $E=190\,000\text{ MPa}$ [20] a modul pružnosti ve smyku $G=76\,000\text{ MPa}$ [20].

Mez pevnosti pružiny

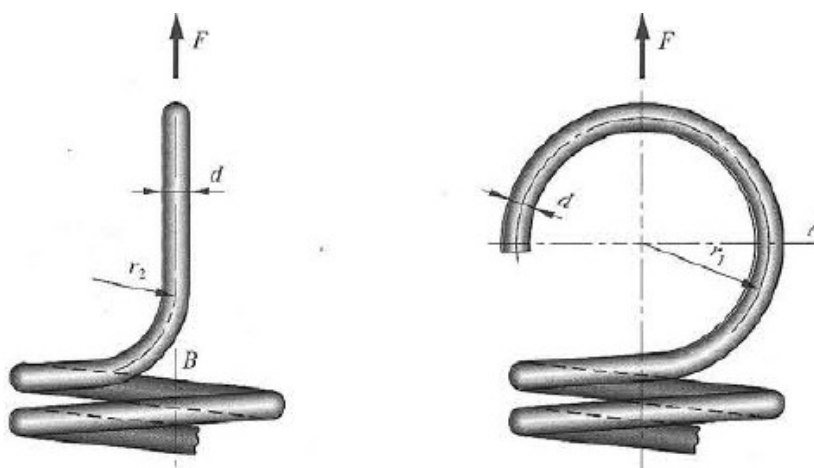
$$R_{mp} = 2330 - 900 \cdot \log(d) = 2330 - 900 \cdot \log(0,7) = 2469\text{ MPa} \quad (4.43)$$

Bergsträsseův součinitel

$$K_B = \frac{4 \cdot i + 2}{4 \cdot i - 3} = \frac{4 \cdot 13,286 + 2}{4 \cdot 13,286 - 3} = 1,1 \quad (4.44)$$

Redukovaný počet činných závitů

$$n'_a = n + \frac{G}{E} = 20 + \frac{76000}{190000} = 20,4 \quad (4.45)$$



Obrázek 4.21 Namáhaná místa v tažné pružině [3]

Namáhání na tah v místě A

Namáhané místo A je zobrazeno na obrázku 4.21.

Mez kluzu

$$R_{ept} = 0,75 \cdot R_{mp} = 0,75 \cdot 2469 = 1852 \text{ MPa} \quad (4.46)$$

Poměr C_1

$$C_1 = \frac{2 \cdot r_1}{d} = \frac{2 \cdot 4}{0,7} = 11 \quad (4.47)$$

Součinitel zakřivení oka

$$K_1 = \frac{4 \cdot C_1^2 - C_1 - 1}{4 \cdot C_1 \cdot (C_1 - 1)} = \frac{4 \cdot 11^2 - 11 - 1}{4 \cdot 11 \cdot (11 - 1)} = 1,1 \quad (4.48)$$

Napětí

$$\sigma_p = F_9 \cdot \left(K_1 \cdot \frac{16 \cdot D}{\pi \cdot d^3} + \frac{4}{\pi \cdot d^2} \right) = 11,04 \cdot \left(1,1 \cdot \frac{16 \cdot 9,3}{\pi \cdot 0,7^3} + \frac{4}{\pi \cdot 0,7^2} \right) = 1706 \text{ MPa} \quad (4.49)$$

Bezpečnost

$$k_{pt} = \frac{R_{ept}}{\sigma_p} = \frac{1852}{1706} = 1,1 \quad (4.50)$$

Bezpečnost **vyhovuje**

Namáhání na krut v místě B

Namáhané místo B je zobrazeno na obrázku 4.21.

Mez kluzu

$$R_{epk} = 0,4 \cdot R_{mp} = 0,45 \cdot 2469 = 988 \text{ MPa} \quad (4.51)$$

Poměr C_2

$$C_2 = \frac{2 \cdot r_2}{d} = \frac{2 \cdot 2}{0,7} = 6 \quad (4.52)$$

Součinitel zakřivení oka

$$K_2 = \frac{4 \cdot C_2^2 - C_2 - 1}{4 \cdot C_2 \cdot (C_2 - 1)} = \frac{4 \cdot 6^2 - 6 - 1}{4 \cdot 6 \cdot (6 - 1)} = 1,1 \quad (4.53)$$

Napětí

$$\tau_p = K_2 \cdot \frac{8 \cdot F_9 \cdot D}{\pi \cdot d^3} = 1,1 \cdot \frac{8 \cdot 11,04 \cdot 9,3}{\pi \cdot 0,7^3} = 838 \text{ MPa} \quad (4.54)$$

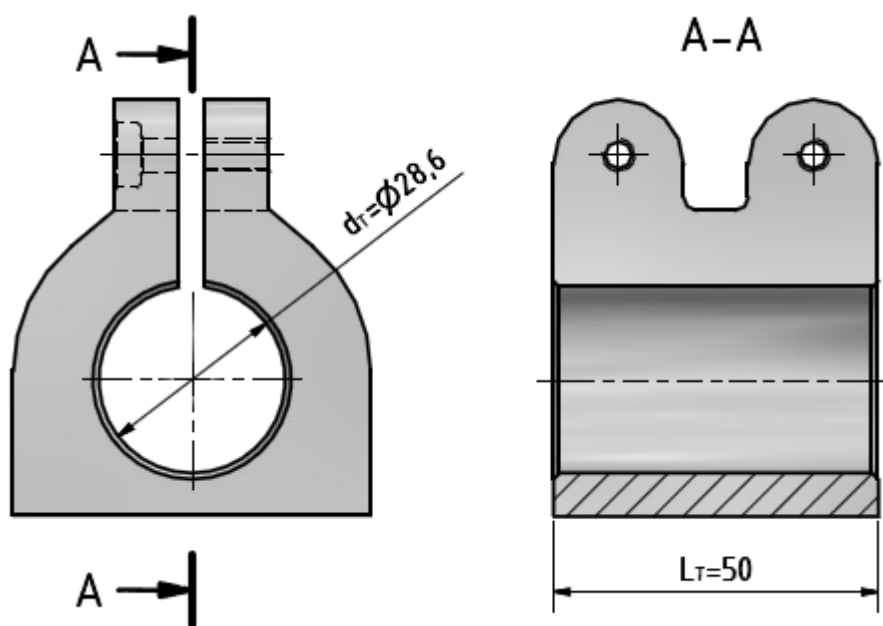
Bezpečnost

$$k_{pk} = \frac{R_{epk}}{\tau_p} = \frac{988}{838} = 1,2 \quad (4.55)$$

Bezpečnost vyhovuje

5 Tělo krku představce

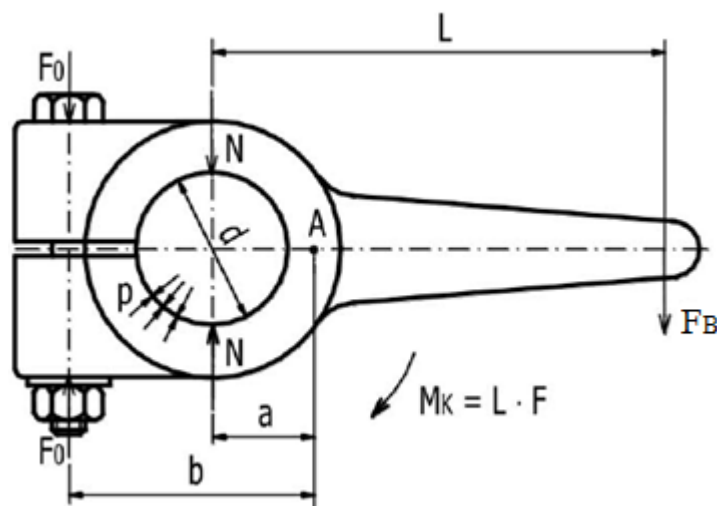
Na obrázku 5.1 je vymodelované tělo krku představce. Tělo je ze materiálu slitiny hliníku EN AW-6061. Je to nejpoužívanější materiál pro představce. Uchycení pro krk vidlice je 1 1/8 palce Ahead ($d_T=28,6$ mm). Svěrné spojení krku vidlice je pomocí dvou šroubů M5x20 ČSN 02 1143 A – 8.8. Rozměr L_T je výška krku těla.



Obrázek 5.1 Tělo představce a příslušnými rozměry

5.1 Výpočet svěrného spoje

Obrázek 5.2 znázorňuje znaménka pro výpočet svěrného spojení s rozříznutým nábojem. Rozměr d je v mém případě průměr krku vidlice. Rozměr N je svěrná síla. Jelikož je těžké určit, nebo vypočítat sílu, která působí z boku představce, protože je připevněný na krk vidlice a přenáší otáčivý pohyb, tak volím sílu $F_B = 250$ N



Obrázek 5.2 Jednostranně rozříznutý náboj [2]

Krouticí moment

Pro výpočet krouticího momentu vycházím z obrázku 5.2. Vzdálenost L je od středu krku těla po střed uchycení řídítek. Protože představec je navržený pro dvě délkové hodnoty, budu vycházet z maximální délky. Maximální délka představce je $L = 100 \text{ mm}$.

$$M_k = F_B \cdot L = 250 \cdot 100 = 25\,000 \text{ Nmm} = 25 \text{ Nm} \quad (5.1)$$

Svěrná síla

Hodnota f ve vzorci (5.2) pro výpočet svěrné síly je součinitel tření. Součinitel tření výrazně ovlivňuje únosnost celého spoje. Styková plocha bude suchá. Hodnota se volí podle druhu materiálu náboje. V tomto případě musím uvažovat tělo představce, který je z hliníku. Pro hliník je hodnota součinitele tření $f = 0,05 \div 0,10$ [15]. Pro výpočet volím $f = 0,10$ [-]. Hodnota k ve vzorci (5.2) je bezpečnost proti prokluzu, která se volí v rozmezí $1,3 \div 2,5$ [15]. Tyto hodnoty jsou závislé na přesnosti výpočtu, stanovení součinitele tření aj. Pro výpočet volím $k = 2$ [-].

$$N = \frac{2 \cdot k \cdot M_k}{\pi \cdot f \cdot d_r} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 25\,000}{\pi \cdot 0,10 \cdot 28,6} = 11\,130 \text{ N} \quad (5.2)$$

Podmínka měrného tlaku

Dovolený měrný tlak pro hliník je $p_d = 95 \text{ MPa}$ [15].

$$p \leq p_d$$

$$\frac{N}{d \cdot l} \leq p_d$$

$$p = \frac{N}{d_T \cdot L_T} = \frac{11130}{28,6 \cdot 50} = 8 \text{ MPa} \quad (5.3)$$

$$8 \leq 95$$

Podmínka měrného tlaku **vyhovuje**

5.2 Výpočet a kontrola šroubu

Šroub nebude mít žádnou povrchovou úpravu a závity budou mazány pastou. Součinitel smykového tření na závitu je $f_z = 0,12 \div 0,18$ [2]. Volím $f_z = 0,15$ [-].

Tabulka 5.1 Parametry šroubu pro M5

Označení	Popis	Hodnota
α_s	Úhel profilu	60°
P_h	Stoupání závitu	0,8 mm
f_z	Součinitel smykového tření	0,15
d_2	Střední průměr závitu	4,480 mm
d_3	Malý průměr závitu	4,019 mm
R_e	Mez kluzu	640 MPa

Úhel stoupání závitu

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{P_h}{\pi \cdot d_2} \quad (5.4)$$

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{P_h}{\pi \cdot d_2} = \operatorname{arctg} \frac{0,8}{\pi \cdot 4,480} = 3,253^\circ$$

Redukovaný třecí úhel

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}} \quad (5.5)$$

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \operatorname{arctg} \frac{0,15}{\cos \frac{60}{2}} = 9,826^\circ$$

Osová síla pro výstředně umístěný šroub

$$F'_O = \frac{N \cdot a}{b} = 11130 \cdot 0,4 = 4452 \text{ N} \quad (5.6)$$

Protože ve spoji není navrženo vnitřní proříznutí k ulehčení pružné deformace, volí se poměr délek $\frac{a}{b} = 0,4 \div 0,5$ [2]. Volím poměr délek $\frac{a}{b} = 0,4$

Výpočet osově síly na jeden šroub

$$F_{O1} = F'_O + F''_O = 4452 + 500 = 4952 \text{ N} \quad (5.7)$$

Síla F'' slouží na přemožení odporu náboje proti pružné deformaci. Tato síla závisí na pružnosti a konstrukčním provedení náboje a nelze ji spolehlivě určit [2]. Pro co nejmenší pružnou deformaci náboje volím přechodné uložení H7/j6. Pro výpočet volím sílu $F''=500$ N.

Výpočet osově síly na jeden šroub

$$F_{O2} = \frac{F_{O1}}{2} = \frac{4952}{2} = 2476 \quad (5.8)$$

Výpočet napětí šroubu v tahu

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{F_{O2}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{2476}{\frac{\pi \cdot 4,019^2}{4}} = 195 \text{ MPa} \quad (5.9)$$

Výpočet napětí šroubu v krutu

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{F_z \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{F_{O2} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi) \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} \quad (5.10)$$

$$\tau_k = \frac{2476 \cdot \operatorname{tg}(3,253 + 9,826) \cdot \frac{4,480}{2}}{\frac{\pi \cdot 4,019^3}{16}} = 101 \text{ MPa}$$

Redukované napětí podle Gesta

$$\sigma_{red \text{ Guest}} = \sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau_k^2} = \sqrt{195^2 + 4 \cdot 101^2} = 281 \text{ MPa} \quad (5.11)$$

Výpočet bezpečnosti

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{red \text{ Guest}}} = \frac{640}{281} = 2,3 \quad (5.12)$$

Podmínka

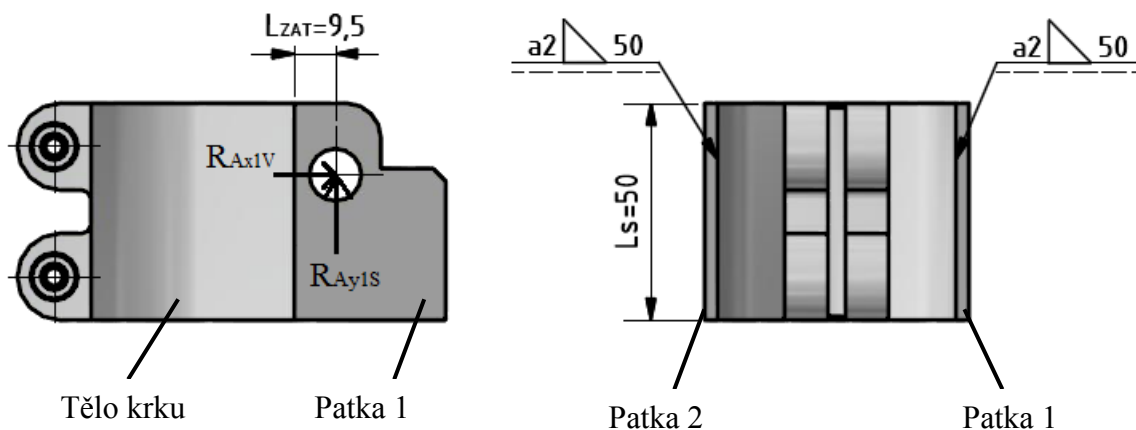
$$k_s \geq k$$

$$2,3 \geq 2$$

Navržený šroub **vyhovuje**

5.3 Výpočet svaru

Na tělo krku představce budou svařeny dvě patky, které budou namáhány na smyk, ohyb a tah. Patky jsou z materiálu EN AW-6061. Pro tento materiál je mez kluzu $R_e = 250$ MPa [16]. Velikost svaru byla zvolena $a_s = 2$ mm



Obrázek 5.3 Schéma těla představce pro výpočet svaru

Podle obrázku 5.3 značí rozměr L_s nosnou délku svaru. Rozměr L_{ZAT} značí vzdálenost působení síly.

Tab. 5.2 – Převodní součinitele [1].

Druh svaru	Převodní součinitel k (typ svařování)		
	Ručně	Odporově	Automatizovaně
Koutový čelní - k_3	0,75	0,9	1
Koutový boční - k_4	0,65	0,8	0,9

Pro výpočet převodních součinitelů k_3 a k_4 vycházím z tabulky 5.2, kde volím ruční svařování elektrickým obloukem.

Výpočet svaru na smyk

$$\tau_{//} = \frac{F_p}{2 \cdot S_{SV}} \leq \tau_{//DSV} \quad (5.13)$$

$$\tau_{//} = \frac{F}{S_V} = \frac{R_{Ay1S}}{a_s \cdot L_s} = \frac{3375}{2 \cdot 50} = 34 \text{ MPa}$$

Výpočet svaru na tah

$$\tau_{\perp T} = \frac{F}{S_V} \leq \tau_{\perp DSV} \quad (5.14)$$

$$\tau_{\perp T} = \frac{F}{S_V} = \frac{R_{Ax1V}}{a_s \cdot L_s} = \frac{736}{2 \cdot 50} = 7 \text{ MPa}$$

Výpočet svaru na ohyb

$$\tau_{\perp O} = \frac{M_o}{W_{oSVy}} \leq \tau_{\perp DSV} \quad (5.15)$$

$$\tau_{\perp O} = \frac{F \cdot L}{a_s \cdot L_s^2} = \frac{6 \cdot R_{Ay1S} \cdot L_{ZAT}}{a_s \cdot L_s^2} = \frac{6 \cdot 3375 \cdot 9,5}{2 \cdot 50^2} = 38 \text{ MPa}$$

Redukované napětí

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\perp T} + \sigma_{\perp O}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{//}}{k_4}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{7+38}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{34}{0,65}\right)^2} = 80 \text{ MPa} \quad (5.16)$$

Tloušťka svaru

$$t_s = 1,4 \cdot a_s = 1,4 \cdot 2 = 2,8 \text{ mm} \quad (5.17)$$

Součinitel tloušťky koutového svaru

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot t_s = 1,3 - 0,03 \cdot 2,8 = 1,216 \quad (5.18)$$

Dovolené napětí

$$\sigma_{Dt} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{250}{2} = 125 \text{ MPa} \quad (5.19)$$

Výsledná statická bezpečnost

$$\sigma_{red} \leq \tau_{DSV} \quad (5.20)$$

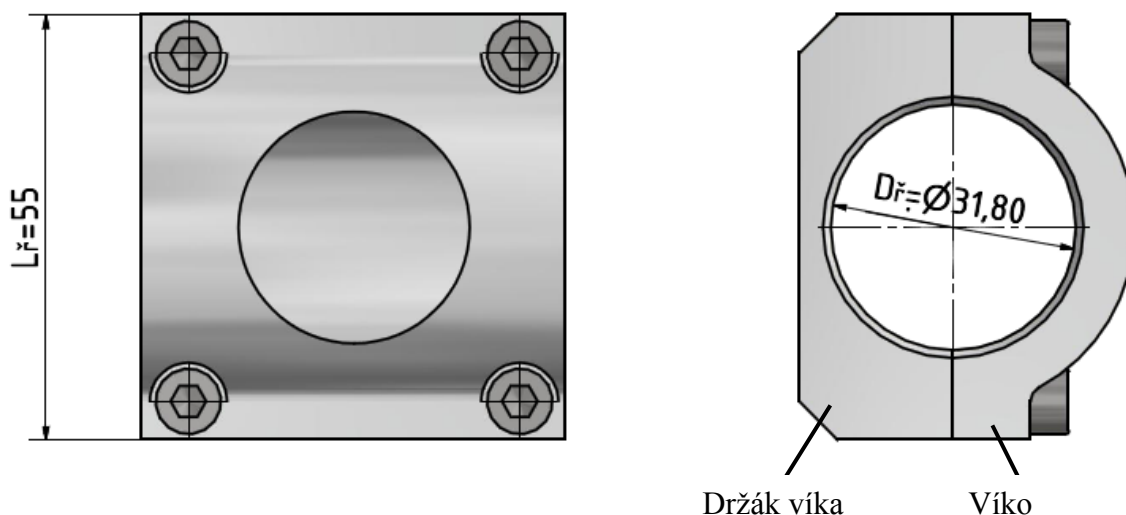
$$\tau_{DSV} = \beta \cdot \sigma_{Dt} = 1,216 \cdot 125 = 152 \text{ MPa} \quad (5.21)$$

$$80 \leq 152$$

Statická kontrola svaru **vyhovuje**

6 Uchycení řídítek

Na obrázku 6.1 je znázorněný model pro uchycení řídítek. Model je sestaven ze dvou komponentů a to z držáku víka a víka. Víko je do držáku připevněno pomocí čtyř šroubů M5x18 ČSN 02 1143 A - 8.8. Oba komponenty jsou vyrobeny z hliníku. Průměr pro řídítka je $D_f=31,8$ mm.



Obrázek 6.1 Model pro uchycení řídítek

Modul pružnosti víka $E_v=68\,900$ MPa [18]

Modul pružnosti šroubu $E_s=210\,000$ MPa

Tuhost víka

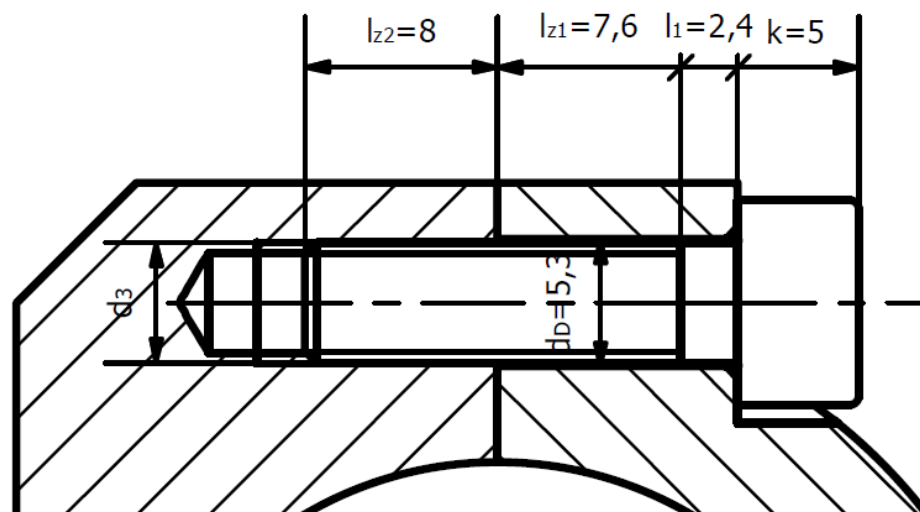
$$c_{PR} = \frac{E_v \cdot S_{PR}}{l_{z1} + l_1} = \frac{68900 \cdot 247}{7,6 + 2,4} = 1701830 \text{ mm} \cdot \text{N}^{-1} \quad (6.1)$$

Průřez víka

$$S_{PR} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{red}^2 + d_D^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (18,5^2 + 5,3^2) = 247 \text{ mm}^2 \quad (6.2)$$

Redukovaný průměr trubky

$$d_{red} = s_k + (l_{z1} + l_1) \cdot \tan \alpha_p = 8,5 + (7,6 + 2,4) \cdot \tan 45 = 18,5 \text{ mm} \quad (6.3)$$



Obrázek 6.2 Rozměry šroubu

Tuhost šroubu

$$\frac{1}{c_s} = \frac{1}{E_s} \cdot \sum \frac{l_{Si}}{S_{Si}} \quad (6.4)$$

$$\frac{1}{c_s} = \frac{1}{E_s} \cdot \left(\frac{\frac{2}{3} \cdot k}{\pi \cdot \left(\frac{d_D}{2}\right)^2} + \frac{l_1}{\pi \cdot \left(\frac{d_D}{2}\right)^2} + \frac{l_{z1}}{\pi \cdot \left(\frac{d_D}{2}\right)^2} + \frac{l_{z2}}{\pi \cdot \left(\frac{d_3}{2}\right)^2} \right)$$

$$\frac{1}{c_s} = \frac{1}{210000} \cdot \left(\frac{\frac{2}{3} \cdot 5}{\pi \cdot \left(\frac{5,3}{2}\right)^2} + \frac{2,4}{\pi \cdot \left(\frac{5,3}{2}\right)^2} + \frac{7,6}{\pi \cdot \left(\frac{5,3}{2}\right)^2} + \frac{8}{\pi \cdot \left(\frac{4,019}{2}\right)^2} \right) = 5,88 \cdot 10^{-6}$$

$$c_s = 170044 \text{ mm} \cdot \text{N}^{-1}$$

Síla ve šroubu

Hodnota ψ je těsnost spoje, která se volí v rozmezí $\psi = (0,2 \div 1,3)$ podle [2]. Volím $\psi = 1,3$ [-].

$$F_s = F_{Vx} \cdot (\psi + 1) = 736 \cdot (1,3 + 1) = 1693 \text{ N} \quad (6.5)$$

6.1 Výpočet a kontrola šroubů

Šroub bude mít stejné parametry, které jsou popsány v kapitole 5 a rozměry podle tabulky 5.1.

Krouticí moment

$$M_{kD} = F_s \cdot R_f = 1693 \cdot 15,9 = 26916 \text{ Nmm} \quad (6.6)$$

Svěrná síla držáku připadající na jeden šroub

Hodnota k ve vzorci (6.2) je bezpečnost proti prokluzu, která se volí v rozmezí $1,3 \div 2,5$. [15] Tyto hodnoty jsou závislé na přesnosti výpočtu, stanovení součinitele tření aj. Pro výpočet volím $k = 2$ [-]. Styková plocha bude suchá. Hodnota se volí podle druhu materiálu náboje. Pro hliník je hodnota součinitele tření $f = 0,05 \div 0,10$ [15]. Pro výpočet volím $f = 0,10$ [-]. Hodnota i je počet šroubů.

$$F_{OD} = \frac{\pi \cdot k \cdot M_{kD}}{4 \cdot i \cdot f \cdot D_f} = \frac{\pi \cdot 2 \cdot 26916}{4 \cdot 4 \cdot 0,1 \cdot 31,8} = 3324 \text{ N} \quad (6.7)$$

Namáhání šroubu na tah

$$\sigma_{tD} = \frac{F}{S} = \frac{F_{OD}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{2}} = \frac{3324}{\frac{\pi \cdot 4,019^2}{2}} = 131 \text{ MPa} \quad (6.8)$$

Namáhání šroubu na krut

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \quad (6.9)$$

$$\tau_{kD} = \frac{F_z \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot d_3^3} = \frac{F_{OD} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot d_3^3} = \frac{3324 \cdot \operatorname{tg}(3,253 + 9,826) \cdot \frac{4,480}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot 4,019^3} = 136 \text{ MPa}$$

Redukované napětí podle Guesta

$$\sigma_{red \text{ Guest}} = \sqrt{\sigma_{tD}^2 + 4 \cdot \tau_{kD}^2} = \sqrt{131^2 + 4 \cdot 136^2} = 302 \text{ MPa} \quad (6.10)$$

Bezpečnost

$$k_{sD} = \frac{R_e}{\sigma_{red \text{ Guest}}} = \frac{640}{302} = 2,1 \quad (6.11)$$

Podmínka

$$k_{sD} \geq k$$

$$2,1 \geq 2$$

Navržený šroub **vyhovuje**

Aby navržený spoj měl co nejlepší svěrné vlastnosti, volím uložení přechodné H8/j7.

Podmínka měrného tlaku

Dovolený měrný tlak pro hliník je $p_d = 95 \text{ MPa}$ [15]. Všechny hodnoty ve vzorci (6.12) mají stejné navržené hodnoty, jako ve vzorci (6.7).

$$p_{\max} \leq p_D \quad (6.12)$$

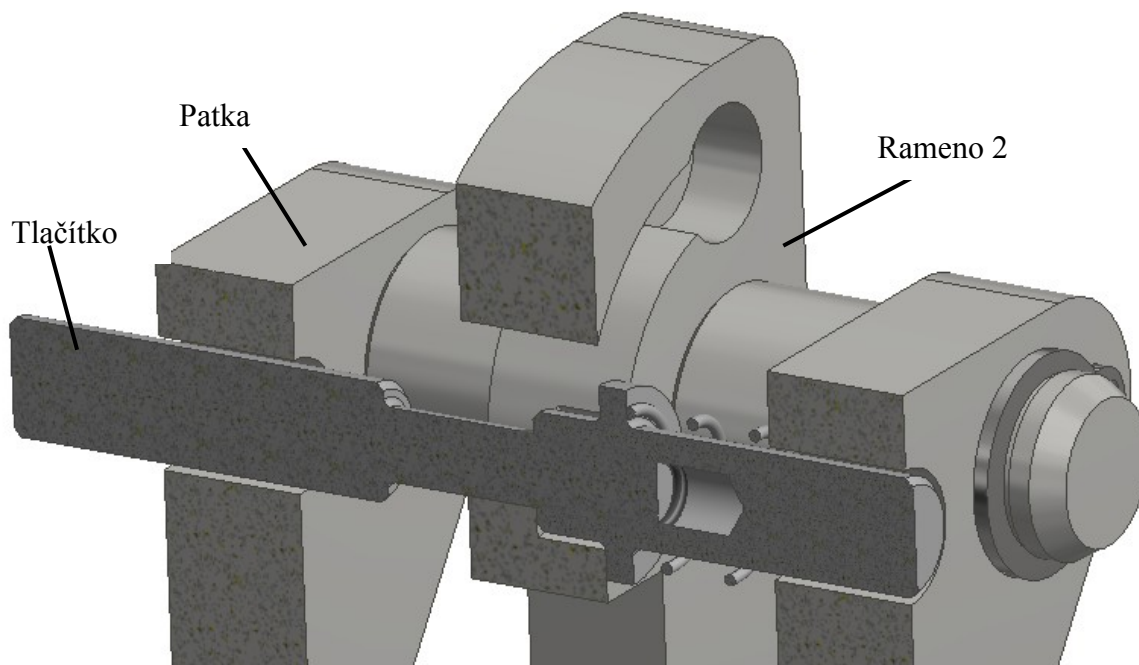
$$p_{\max} = \frac{k \cdot M_{kD}}{L_{\tilde{r}} \cdot f \cdot D_{\tilde{r}}^2} = \frac{2 \cdot 26916}{55 \cdot 0,10 \cdot 31,8^2} = 10 \text{ MPa} \quad (6.13)$$

$$10 \leq 95$$

Podmínka měrného tlaku **vyhovuje**

7 Zajištění polohy

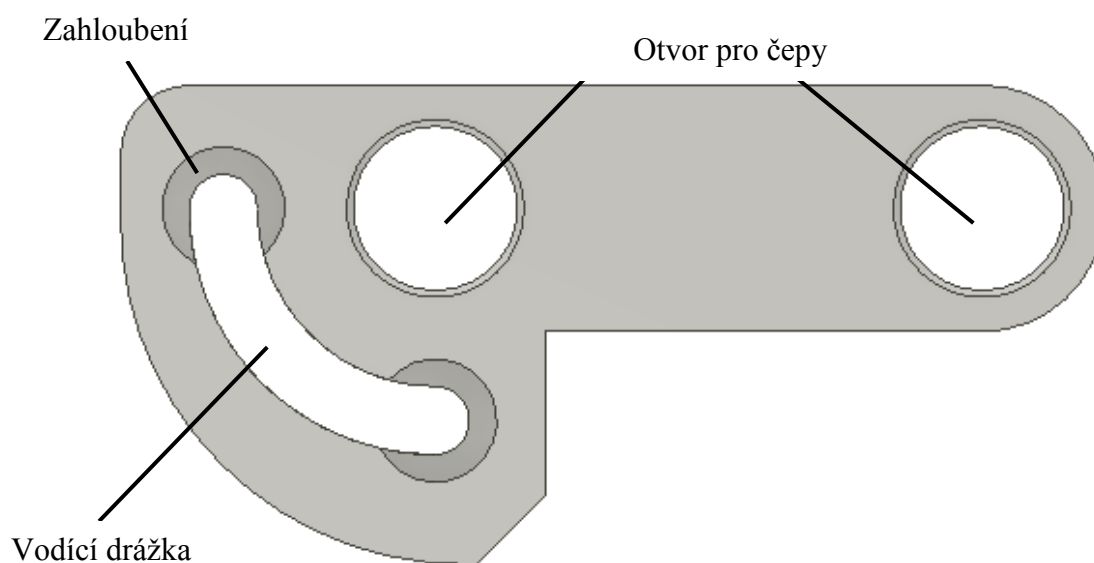
Zajištění polohy je zobrazeno v řezu na obrázku 7.1. Zajištění je provedeno ve dvou polohách. Ve svislé a vodorovné poloze představce. Zajištění se provádí pomocí ramene 2 a tlačítka.



Obrázek 7.1 Řez aretačním mechanismem

Rameno 2

Na obrázku 7.2 je zobrazeno rameno 2. V ramenu jsou vyvrtané dva otvory pro čepy. Dále je na něm vyfrézována vodící drážka a dvě zhloubení.

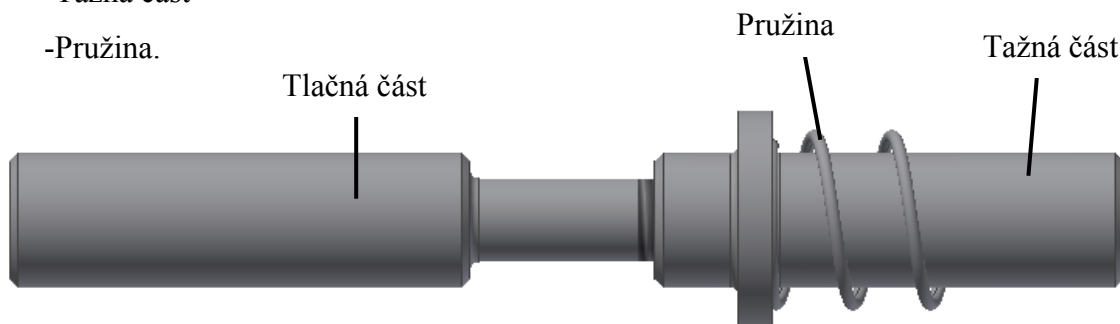


Obrázek 7.2 Rameno 2

Tlačítko

Na obrázku 7.3 je zobrazen model sestavy tlačítka. Tlačítko se skládá ze tří komponentů:

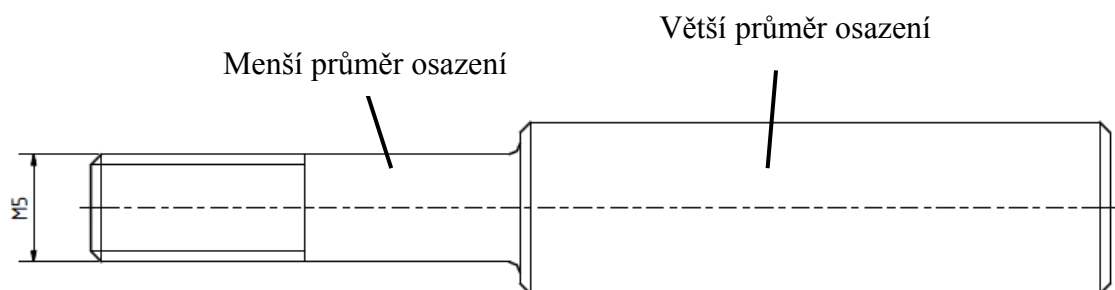
- Tlačná část
- Tažná část
- Pružina.



Obrázek 7.3 Sestava tlačítka

Tlačná část

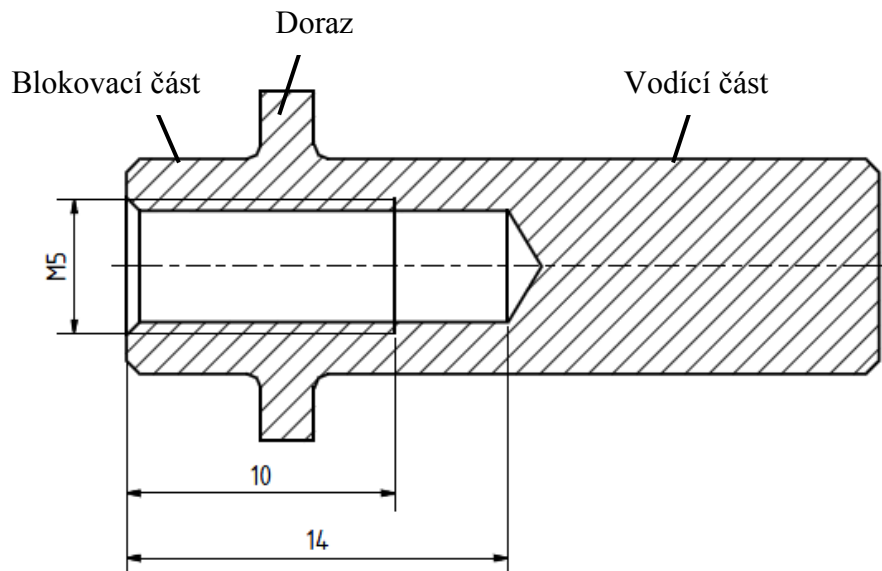
Tlačná část je zobrazena na obrázku 7.4. Skládá se ze dvou osazení. Větší průměr osazení slouží pro cyklistu jako působení stisku tlačítka. Na menším průměru osazení je vnější závit M5. Tlačná část se zašroubuje do tažné části. To má za následek snadnou a rychlou montáž či demontáž při prasknutí pružiny.



Obrázek 7.4 Tlačná část tlačítka

Tažná část

Tažná část je zobrazena na obrázku 7.5. Skládá se ze třech osazení. Největší průměr osazení slouží jako doraz při posuvu. Zbylé dvě osazení mají stejný průměr. Blokovací část se pomocí pružiny zasune do zhloubení ramene 2. Na vodící části je vložena pružina D-117R [17].



Obrázek 7.5 Tažná část tlačítka

7.1 Princip aretačního mechanismu

Při stisku tlačítka podle obrázku 7.1 se celé tlačítko posune po svojí ose. Blokovací část z tažné části se vysune ze zhloubení ramene 2. Menší průměr osazení tlačné části kopíruje vodící drážku v rameni 2. Při naklonění ramene 2 pod úhel $\alpha=90^\circ$ se vlivem pružiny blokovací část zasune do zhloubení ramene 2.

8 Závěr

Výsledkem diplomové práce je návrh představce jízdního kola s měnitelnou geometrií. Představec umožňuje měnit dvě polohy – vodorovnou a svislou. Při vodorovné poloze svírá představec 0° a jeho délka je 100 mm. Při svislé poloze svírá představec 90° a jeho délka je 60 mm

V úvodu práce se zabývám vysvětlením pojmu představce. Potom je přidán podrobnější popis, jeho specifikace a rozdělení od klasických představců po speciální. Další kapitola popisuje ergonomii, která hraje zásadní roli při konstrukci celého kola nebo cyklistických komponentů.

Další kapitola je věnována konstrukci celého představce. Představec je tvořen třemi rameny, kde v každém z nich jsou dva otvory pro čepy. Spodní dvě ramena jsou stejná. Horní rameno je delší a zajišťuje aretaci polohy přes tlačítko. Ramena jsou počítána na ohyb a vyhovují kontrole. Uchycení ramene je pomocí čepu, který je vložen do patky. Patka je svařena s tělem krku představce. Čep je počítán na otlačení a vyhovuje kontrole. Čepy jsou zajištěny proti vypadnutí pojistným kroužkem. Na dvou nejvzdálenějších čepech je uchycena tažná pružina, která zajišťuje snadnější změnu do svislé polohy. Uchycení řídítek se skládá z držáku víka a víka. Víko je k držáku přišroubované čtyřmi šrouby.

Byl vytvořen výkres sestavy představce a výrobní výkres těla krku představce, víka a držáku víka.

Diplomová práce splnila všechny podmínky zadání.

Seznam literatury a dalších zdrojů

- [1] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4. dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [2] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [3] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard Gordon BUDYNAS, HARTL, Martin a Miloš VLK (eds.). *Konstruování strojních součástí*. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0
- [4] HRUBÍŠEK, Ivo. *Horské kolo od A do Z*. 5. aktualiz. vyd. Praha: Sobotálek, 2002. ISBN 80-85920-86-7
- [5] ČSN EN 547-3+A1. *Bezpečnost strojních zařízení – Tělesné rozměry: Část 3: Antropometrické údaje*, 2009
- [6] Nákupní rádce: Jak vybrat představec. *Kola-Radotín, SKI A BIKE CENTRUM RADOTÍN*. [online]. [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: <https://www.kola-radotin.cz/nakupni-radce/jak-vybrat-predstavec>
- [7] Zenith 26 mm clamp quill stem. *Sprockets.uk.com*. [online]. [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: <http://sprockets.uk.com/zenith-26-0mm-clamp-quill-stem>
- [8] FORCE BASIC S4.6 představec Ahead pro řídítka 31,8 mm. *Velohanak*. [online]. [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: <https://www.velohanak.cz/cyklo/predstavec-force-basic-s4-6-31-8-100mm-al-cerny-81374/>
- [9] Představec BB BHS-28 HighSix, nastavitelný. *Bike-eshop*. [online]. [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: <https://www.bike-eshop.cz/stavitelne-ahead-predstavce/predstavec-bbb-bhs-28-highsix-nastavitelny>
- [10] SoftRide aluminium suspension stem. *Bikepro*. [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://www.bikepro.com/products/stems/soft.html>
- [11] Ritchey pro 30 degree stem. *Wheelworks*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://wheelworks.com/product/features/ritchey-pro-30-degree-stem-166696-1-49583.htm>

- [12] ShockStop suspension stem. *Redshiftsports*. [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://redshiftsports.com/shockstop-suspension-stem>
- [13] Shockstop stem by redshift sport review. *Elessarbicycle*. [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://www.elessarbicycle.it/shockstop-stem-by-redshift-sport-review/>
- [14] Antropometrie. *Nábytkářský informační systém (NIS)* [online]. [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/antropometrie/page/34/#>
- [15] Svěrné spoje. *Mitcalc*. [online]. [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <http://www.mitcalc.com/doc/shaftconf/help/cz/shaftconf.txt.htm>
- [16] Tabulka slitin. *Strojmetal Aluminium forging*. [online]. [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.strojmetal.cz/tabulka-slitin>
- [17] Tlačná pružina. *Gutekunst federn*. [online]. [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: https://www.federnshop.com/cz/katalog_pru%C5%BEin/tlacr%C3%A9_pru%C5%BEiny/d-117r.html
- [18] Aluminium 6061-T6. *Aerospace specification metals* [online]. Dostupné z: <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=ma6061t6>
- [19] Tažná pružina. *Pružiny Čermák s.r.o.* [online]. Dostupné z: <http://www.webareal.cz/webareal-cz/eshop/9-1-Pruziny-tazne/116-2-0-70-mm/5/5865-Pruzina-tazna-0-70x10x30x20//description#anch1>
- [20] Stainless steel 1.4310. Alloy wire international. [online]. Dostupné z: <https://www.alloywire.com/products/stainless-steel-1-4310/>

Seznam příloh

Příloha A Výkres sestavy představce

Příloha B Výkres těla krku

Příloha C Výkres víka

Příloha D Výkres držáku víka

Příloha E CD s diplomovou prací

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji mému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Květoslavu Kalábovi, Ph.D. za cenné rady a odbornou pomoc při zpracování mé diplomové práce.